



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111090108 B

(45) 授权公告日 2022.06.24

(21) 申请号 201910778721.8

(22) 申请日 2019.08.22

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111090108 A

(43) 申请公布日 2020.05.01

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院  
地址 518057 广东省深圳市南山区高新园  
南区粤兴一道18号香港理工大学学  
研大楼205室

(72) 发明人 孟骞 许立达 徐兵

(74) 专利代理机构 深圳中一专利商标事务所  
44237  
专利代理师 曹小翠

(51) Int. Cl.  
G01S 19/21 (2010.01)  
G01S 19/29 (2010.01)  
G01S 19/30 (2010.01)

(56) 对比文件

CN 104777493 A, 2015.07.15

CN 109655845 A, 2019.04.19

CN 109521446 A, 2019.03.26

CN 109188469 A, 2019.01.11

CN 109581424 A, 2019.04.05

US 2019187294 A1, 2019.06.20

张会锁 等. 利用轨迹诱导的欺骗式GPS干扰  
技术研究.《弹箭与制导学报》.2013, 1-4.

张瑞华 等. 利用矢量跟踪环路的欺骗干扰  
检测与抑制方法.《信号处理》.2018, 第34卷 (第6  
期), 688-696.

Daniel S. Maier 等. The GNSS-  
Transceiver: Using vector-tracking  
approach to convert a GNSS receiver to a  
simulator

implementation and verification for  
signal authentication.《In Proceedings of  
the ION GNSS+ 2018》.2018, 4231-4244.

审查员 罗隆树

权利要求书6页 说明书16页 附图5页

(54) 发明名称

欺骗信号生成方法及装置

(57) 摘要

本申请属于导航卫星系统欺骗信号生成的技术领域, 提供了一种欺骗信号生成方法及装置, 该方法包括: 获取目标接收机接收的原始卫星信号; 根据所述原始卫星信号捕获卫星进行跟踪, 得到各颗卫星跟踪通道的跟踪结果和定位结果; 利用 $T_k$ 时刻所述卫星的跟踪结果和定位结果, 预测 $T_{k+1}$ 时刻所述各颗卫星的真实信号, 生成攻击所述原始卫星信号的真实信号分量; 根据预设的欺骗轨迹中 $T_{k+1}$ 时刻的位置和速度, 生成 $T_{k+1}$ 时刻所述各颗卫星的欺骗信号分量; 在 $T_{k+1}$ 时刻根据所述真实信号分量和所述欺骗信号分量生成欺骗攻击信号, 以将所述欺骗攻击信号植入所述目标接收机的天线信号中。本申请实施例解决欺骗信号容易被发现的问题。



CN 111090108 B

1. 一种欺骗信号生成方法,其特征在于,包括:

获取目标接收机接收的原始卫星信号;

根据所述原始卫星信号捕获卫星进行跟踪,得到各颗卫星跟踪通道的跟踪结果和定位结果;

利用 $T_k$ 时刻所述卫星的跟踪结果和定位结果,预测 $T_{k+1}$ 时刻所述各颗卫星的真实信号,生成攻击所述原始卫星信号的真实信号分量;

根据预设的欺骗轨迹中 $T_{k+1}$ 时刻的位置和速度,生成 $T_{k+1}$ 时刻所述各颗卫星的欺骗信号分量,包括:

根据 $T_{k+1}$ 时刻所述欺骗轨迹位置和所述目标接收机钟差采用矢量跟踪方式生成所述欺骗信号分量的即时支路测距码 $C_{prompt,spoof}^j$ ;根据所述 $T_{k+1}$ 时刻的预测伪距 $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ 和 $T_k$ 时刻的估计伪距 $\hat{\rho}_k^j$ 计算 $T_{k+1}$ 时刻测距码控制频率;所述 $T_k$ 时刻的估计伪距为 $T_k$ 时刻的预测伪距; $T_{k+1}$ 时刻第j个跟踪通道的测距码控制频率 $\tilde{f}_{code,k+1}^j$ 的计算公式为:

$$\tilde{f}_{code,k+1}^j = f_{CA} \left[ 1 - \frac{\tilde{\rho}_{k+1}^j - \hat{\rho}_k^j}{c\tau} \right]$$

其中, $f_{CA}$ 表示测距码的码速率,为1.023MHz; $c$ 表示光速; $\tau$ 表示跟踪信号即真实卫星信号更新间隔; $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ 表示 $T_{k+1}$ 时刻的预测伪距; $\hat{\rho}_k^j$ 表示 $T_k$ 时刻的估计伪距;

根据 $T_{k+1}$ 时刻所述欺骗轨迹位置速度和所述目标接收机钟漂采用矢量跟踪方式生成所述欺骗信号分量的载波 $Carr_{spoof}^j$ ;根据所述 $T_{k+1}$ 时刻的预测伪距率 $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ 计算 $T_{k+1}$ 时刻载波控制频率;

$T_{k+1}$ 时刻第j个跟踪通道的载波控制频率 $\tilde{f}_{doppler,k+1}^j$ 的计算公式为: $\tilde{f}_{doppler,k+1}^j = -\tilde{\rho}_{k+1}^j \frac{f_{L1}}{c}$ ;其

中, $f_{L1}$ 表示标称载波频率,为1575.42MHz; $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ 表示 $T_{k+1}$ 时刻的预测伪距,并且,欺骗信号初始时刻生成测距码频率和载波频率所需的码相位和载波相位采用上一时刻真实信号的码相位和载波相位;

根据所述欺骗信号分量的支路测距码 $C_{prompt,spoof}^j$ 和载波 $Carr_{spoof}^j$ 计算第j个所述跟踪通道的所述欺骗信号分量 $r_{spoof}^j = \hat{A}^j * \hat{D}_{nav,spoof}^j .* C_{prompt,spoof}^j .* Carr_{spoof}^j$ ;

其中, $\hat{A}^j$ 表示估计的信号幅值, $\hat{D}_{nav,spoof}^j$ 表示估计的欺骗信号导航比特;

所述估计的欺骗信号导航比特 $\hat{D}_{nav,spoof}^j$ 的计算公式为:

$$\hat{D}_{nav,spoof}^j = \begin{cases} 1, & \text{if } I_p > 0 \\ -1, & \text{if } I_p < 0 \end{cases}$$

其中, $I_p = \sum (r_{raw} .* C_{prompt}^j .* Carr^j)$ ;  $r_{raw}$ 表示真实卫星信号, $C_{prompt}^j$ 表示原始卫星信号分量的即时支路测距码, $Carr^j$ 表示原始卫星信号分量的载波;

在 $T_{k+1}$ 时刻根据所述真实信号分量和所述欺骗信号分量生成欺骗攻击信号,以将所述欺骗攻击信号植入所述目标接收机的天线信号中。

2.如权利要求1所述的欺骗信号生成方法,其特征在于,所述在 $T_{k+1}$ 时刻根据所述真实信号分量和所述欺骗信号分量生成欺骗攻击信号,包括:

在 $T_{k+1}$ 时刻根据所述真实信号分量 $r_{actual}^j$ 和所述欺骗信号分量 $r_{spoof}^j$ ,计算欺骗攻击信号

$$r_{attack} = \sum_{j=1}^N (r_{spoof}^j - r_{actual}^j); \text{其中} N \text{表示共有} N \text{颗卫星}; j \text{表示第} j \text{个跟踪通道。}$$

3.如权利要求1或2所述的欺骗信号生成方法,其特征在于,所述根据所述原始卫星信号捕获卫星进行跟踪,得到各颗卫星跟踪通道的跟踪结果和定位结果,包括:

对所述原始卫星信号进行下变频得到采样信号;

根据所述采样信号捕获所述各颗卫星,获得每一所述卫星的测距码相位和载波多普勒频移;

对于每一所述卫星跟踪通道,根据所述测距码相位和所述载波多普勒频移剥离所述采样信号中所述测距码和所述载波得到导航电文比特;

解调所述导航电文比特得到所述卫星的导航电文;所述导航电文包括所述卫星的位置以及速度、所述原始卫星信号的发射时间、卫星时钟修正量和卫星星历;

通过矢量跟踪导航滤波器根据各颗所述卫星的位置与由所述目标接收机时间得到的伪距观测量进行定位解算,得到所述目标接收机位置、速度、钟差和钟漂。

4.如权利要求3所述的欺骗信号生成方法,其特征在于,所述利用 $T_k$ 时刻所述卫星的跟踪结果和定位结果,预测 $T_{k+1}$ 时刻所述各颗卫星的真实信号,生成攻击所述原始卫星信号的真实信号分量,包括:

根据所述目标接收机位置和所述接收机钟差采用矢量跟踪方式生成所述真实信号分量的即时支路测距码 $C_{prompt,actual}^j$ ;

根据所述目标接收机速度和所述接收机钟漂采用矢量跟踪方式生成所述真实信号分量的载波 $Carr_{actual}^j$ ;

根据所述真实信号分量的支路测距码 $C_{prompt,actual}^j$ 和载波 $Carr_{actual}^j$ 计算第j个所述跟踪通道的所述真实信号分量 $r_{actual}^j = \hat{A}^j * \hat{D}_{nav,actual}^j .* C_{prompt,actual}^j .* Carr_{actual}^j$ ;

其中, $\hat{D}_{nav,actual}^j$ 表示估计的真实信号导航比特。

5.如权利要求4所述的欺骗信号生成方法,其特征在于,所述估计的信号幅值 $\hat{A}^j$ 的计算公式为:

$$\hat{A}^j = \frac{\sum_1^{N_{sample}} (r_{raw} .* C_{prompt}^j .* \hat{D}_{nav,actual}^j .* Carr^j)}{\sum_1^{N_{sample}} (C_{prompt}^j .* \hat{D}_{nav,actual}^j .* Carr^j)^2}$$

其中,  $N_{\text{sample}}$  表示一个所述跟踪通道的真实卫星信号更新间隔内需要处理的采样点数量;

所述估计的真实信号导航比特  $\hat{D}_{\text{nav,actual}}^j$  的计算公式为:

$$\hat{D}_{\text{nav,actual}}^j = r_{\text{raw}} \cdot * C_{\text{prompt}}^j \cdot * Carr^j;$$

其中,  $C_{\text{prompt}}^j$  表示原始卫星信号分量的即时支路测距码;  $Carr^j$  表示原始卫星信号分量的载波。

6. 如权利要求5所述的欺骗信号生成方法, 其特征在于, 所述真实信号分量的即时支路测距码  $C_{\text{prompt,actual}}^j$  的生成过程, 包括:

通过  $T_k$  时刻所述矢量跟踪导航滤波器输出结果获得  $T_{k+1}$  时刻预测的所述目标接收机位置  $\tilde{\mathbf{r}}_{u,k+1}$  和所述目标接收机钟差  $\hat{b}_{clk}$ ;

根据  $T_{k+1}$  时刻预测的所述目标接收机位置  $\tilde{\mathbf{r}}_{u,k+1}$ 、所述目标接收机钟差  $\hat{b}_{clk}$  和由所述卫星星历得到的第  $j$  个所述跟踪通道的卫星在  $T_{k+1}$  时刻的卫星位置  $\mathbf{r}_{k+1}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ ;

预测伪距根据所述  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  和  $T_k$  时刻的估计伪距  $\hat{\rho}_k^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻测距码控制频率; 所述  $T_k$  时刻的估计伪距为  $T_k$  时刻的预测伪距;

由  $T_{k+1}$  时刻所述测距码控制频率和  $T_k$  时刻所述真实信号码相位生成所述真实信号分量的即时支路测距码  $C_{\text{prompt,actual}}^j$ ;

所述原始卫星信号分量的即时支路测距码  $C_{\text{prompt}}^j$  的生成过程, 包括:

通过  $T_k$  时刻所述矢量跟踪导航滤波器输出结果获得  $T_{k+1}$  时刻预测的所述目标接收机位置  $\tilde{\mathbf{r}}_{u,k+1}$  和所述目标接收机钟差  $\hat{b}_{clk}$ ;

根据  $T_{k+1}$  时刻预测的所述目标接收机位置  $\tilde{\mathbf{r}}_{u,k+1}$ 、所述目标接收机钟差  $\hat{b}_{clk}$  和由所述卫星星历得到的第  $j$  个所述跟踪通道的卫星在  $T_{k+1}$  时刻的卫星位置  $\mathbf{r}_{k+1}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ ;

根据所述  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  和  $T_k$  时刻的估计伪距  $\hat{\rho}_k^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻测距码控制频率; 所述  $T_k$  时刻的估计伪距为  $T_k$  时刻的预测伪距;

由  $T_{k+1}$  时刻所述测距码控制频率和  $T_k$  时刻所述原始卫星信号码相位生成所述原始卫星信号分量的即时支路测距码  $C_{\text{prompt}}^j$ ;

所述真实信号分量的载波  $Carr_{\text{actual}}^j$  的生成过程, 包括:

通过  $T_k$  时刻所述矢量跟踪导航滤波器输出结果获得  $T_{k+1}$  时刻所述目标接收机速度  $\tilde{\mathbf{v}}_{u,k+1}$  和所述目标接收机钟漂  $\hat{d}_{u,clk}$ ;

根据  $T_{k+1}$  时刻所述目标接收机速度  $\tilde{\mathbf{v}}_{u,k+1}$ 、所述目标接收机钟漂  $\hat{d}_{u,clk}$  和由所述卫星星历

得到的第j个所述跟踪通道的卫星在 $T_{k+1}$ 时刻对应的卫星速度 $\mathbf{v}_{sv,k+1}^j$ 和卫星钟漂 $d_{sv,clk}^j$ 计算 $T_{k+1}$ 时刻的预测伪距率 $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ ;

根据所述 $T_{k+1}$ 时刻的预测伪距率 $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ 计算 $T_{k+1}$ 时刻载波控制频率;

由 $T_{k+1}$ 时刻所述载波控制频率和 $T_k$ 时刻所述真实信号载波相位生成所述真实信号分量的载波 $Carr_{actual}^j$ ;

所述原始卫星信号分量的载波 $Carr^j$ 的生成过程,包括:

通过 $T_k$ 时刻所述矢量跟踪导航滤波器输出结果获得 $T_{k+1}$ 时刻所述目标接收机速度 $\tilde{\mathbf{v}}_{u,k+1}$ 和所述目标接收机钟漂 $\hat{d}_{u,clk}$ ;

根据 $T_{k+1}$ 时刻所述目标接收机速度 $\tilde{\mathbf{v}}_{u,k+1}$ 、所述目标接收机钟漂 $\hat{d}_{u,clk}$ 和由所述卫星星历得到的第j个所述跟踪通道的卫星在 $T_{k+1}$ 时刻对应的卫星速度 $\mathbf{v}_{sv,k+1}^j$ 和卫星钟漂 $d_{sv,clk}^j$ 计算 $T_{k+1}$ 时刻的预测伪距率 $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ ;

根据所述 $T_{k+1}$ 时刻的预测伪距率 $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ 计算 $T_{k+1}$ 时刻载波控制频率;

由 $T_{k+1}$ 时刻所述载波控制频率和 $T_k$ 时刻所述原始卫星信号载波相位生成所述原始卫星信号分量的载波 $Carr^j$ 。

7.如权利要求1所述的欺骗信号生成方法,其特征在于,所述欺骗信号分量的即时支路测距码 $C_{prompt,spoof}^j$ 的生成过程,包括:

通过 $T_k$ 时刻所述矢量跟踪导航滤波器输出结果获得 $T_{k+1}$ 时刻预测的所述目标接收机钟差 $\hat{b}_{clk}$ ;

根据 $T_{k+1}$ 时刻预测的所述欺骗轨迹位置 $r_{trj,k+1}$ 、所述目标接收机钟差 $\hat{b}_{clk}$ 和由所述卫星星历得到的第j个所述跟踪通道的卫星在 $T_{k+1}$ 时刻的卫星位置 $\mathbf{r}_{k+1}^j$ 计算 $T_{k+1}$ 时刻的预测伪距 $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ ;

根据所述 $T_{k+1}$ 时刻的预测伪距 $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ 和 $T_k$ 时刻的估计伪距 $\hat{\rho}_k^j$ 计算 $T_{k+1}$ 时刻测距码控制频率;所述 $T_k$ 时刻的估计伪距为 $T_k$ 时刻的预测伪距;

由 $T_{k+1}$ 时刻所述测距码控制频率和 $T_k$ 时刻所述欺骗信号码相位生成所述欺骗信号分量的即时支路测距码 $C_{prompt,spoof}^j$ ;

所述欺骗信号分量的载波 $Carr_{spoof}^j$ 的生成过程,包括:

通过 $T_k$ 时刻所述矢量跟踪导航滤波器输出结果获得 $T_{k+1}$ 时刻所述目标接收机钟漂 $\hat{d}_{u,clk}$ ;

根据 $T_{k+1}$ 时刻所述欺骗轨迹速度 $v_{trj,k+1}$ 、所述目标接收机钟漂 $\hat{d}_{u,clk}$ 和由所述卫星星历得到的第j个所述跟踪通道的卫星在 $T_{k+1}$ 时刻的卫星速度 $\mathbf{v}_{sv,k+1}^j$ 和卫星钟漂 $d_{sv,clk}^j$ 计算 $T_{k+1}$ 时

刻的预测伪距率  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ ;

根据所述  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距率  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻载波控制频率;

由  $T_{k+1}$  时刻所述载波控制频率和  $T_k$  时刻所述欺骗信号载波相位生成所述欺骗信号分量的载波  $Carr_{spoof}^j$ 。

8. 一种欺骗信号生成装置,其特征在于,包括:

原始信号获取模块,用于获取目标接收机接收的原始卫星信号;

卫星跟踪模块,用于根据所述原始卫星信号捕获卫星进行跟踪,得到各颗卫星跟踪通道的跟踪结果和定位结果;

真实信号生成模块,用于利用  $T_k$  时刻所述卫星的跟踪结果和定位结果,预测  $T_{k+1}$  时刻所述各颗卫星的真实信号,生成攻击所述原始卫星信号的真实信号分量;

欺骗信号生成模块,用于根据预设的欺骗轨迹中  $T_{k+1}$  时刻的位置和速度,生成  $T_{k+1}$  时刻所述各颗卫星的欺骗信号分量,包括:

根据  $T_{k+1}$  时刻所述欺骗轨迹位置和所述目标接收机钟差采用矢量跟踪方式生成所述欺骗信号分量的即时支路测距码  $C_{prompt,spoof}^j$ ; 根据所述  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  和  $T_k$  时刻的估计伪距  $\hat{\rho}_k^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻测距码控制频率; 所述  $T_k$  时刻的估计伪距为  $T_k$  时刻的预测伪距;  $T_{k+1}$  时刻第  $j$  个跟踪通道的测距码控制频率  $\tilde{f}_{code,k+1}^j$  的计算公式为:

$$\tilde{f}_{code,k+1}^j = f_{CA} \left[ 1 - \frac{\tilde{\rho}_{k+1}^j - \hat{\rho}_k^j}{c\tau} \right]$$

其中,  $f_{CA}$  表示测距码的码速率,为 1.023MHz;  $c$  表示光速;  $\tau$  表示跟踪信号即真实卫星信号更新间隔;  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  表示  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距;  $\hat{\rho}_k^j$  表示  $T_k$  时刻的估计伪距;

根据  $T_{k+1}$  时刻所述欺骗轨迹位置速度和所述目标接收机钟漂采用矢量跟踪方式生成所述欺骗信号分量的载波  $Carr_{spoof}^j$ ; 根据所述  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距率  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻载波控制频率;  $T_{k+1}$  时刻第  $j$  个跟踪通道的载波控制频率  $\tilde{f}_{doppler,k+1}^j$  的计算公式为:  $\tilde{f}_{doppler,k+1}^j = -\tilde{\rho}_{k+1}^j \frac{f_{L1}}{c}$ ;

其中,  $f_{L1}$  表示标称载波频率,为 1575.42MHz;  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  表示  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距,并且,欺骗信号初始时刻生成测距码频率和载波频率所需的码相位和载波相位采用上一时刻真实信号的码相位和载波相位;

根据所述欺骗信号分量的支路测距码  $C_{prompt,spoof}^j$  和载波  $Carr_{spoof}^j$  计算第  $j$  个所述跟踪通道的所述欺骗信号分量  $r_{spoof}^j = \hat{A}^j * \hat{D}_{nav,spoof}^j * C_{prompt,spoof}^j * Carr_{spoof}^j$ ;

其中,  $\hat{A}^j$  表示估计的信号幅值,  $\hat{D}_{nav,spoof}^j$  表示估计的欺骗信号导航比特;

所述估计的欺骗信号导航比特  $\hat{D}_{nav,spoof}^j$  的计算公式为:

$$\hat{D}_{nav,spoof} = \begin{cases} 1, & \text{if } I_p > 0 \\ -1, & \text{if } I_p < 0 \end{cases}$$

其中,  $I_p = \sum (r_{raw} \cdot C_{prompt}^j \cdot Carr^j)$ ;  $r_{raw}$  表示真实卫星信号,  $C_{prompt}^j$  表示原始卫星信号分量的即时支路测距码,  $Carr^j$  表示原始卫星信号分量的载波;

欺骗攻击信号生成模块, 用于在  $T_{k+1}$  时刻根据所述真实信号分量和所述欺骗信号分量生成欺骗攻击信号, 以将所述欺骗攻击信号植入所述目标接收机的天线信号中。

9. 一种欺骗信号生成装置, 其特征在于, 包括矢量跟踪导航滤波器、存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,

所述矢量跟踪导航滤波器用于根据目标接收机接收的原始卫星信号进行定位解算, 得到所述目标接收机位置、速度、钟差和钟漂;

所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求1至7任一项所述欺骗信号生成方法的步骤。

## 欺骗信号生成方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及导航卫星系统欺骗信号生成的技术领域,尤其涉及一种欺骗信号生成方法及装置。

### 背景技术

[0002] 生成导航卫星欺骗信号是研究抗欺骗技术的重要前提,对于提高导航接收机安全性和鲁棒性具有重要意义。卫星导航系统是一种利用人造地球卫星搭载设备进行无线电导航的定位系统,具有全球覆盖、实时导航、三维定位等特点,在国家安全、社会经济和生产生活中发挥着重要的作用。对于地球表面上的任何一个点而言,通过三球交汇原理,利用卫星到用户位置的“连线”即可确定三维坐标。所谓欺骗干扰,是指发射与导航卫星相同或相似,然而功率更强一些的信号,卫星导航系统用户的接收终端可能把这种信号误认为是由真实导航卫星发来的,而对其进行捕获与跟踪,导致接收终端产生错误的信息或者无信息输出。可见,欺骗干扰不仅可以导致受害接收机产生错误的定位结果,而且接收机通常不能检测到自己被干扰,其攻击方式更为隐蔽。同时,相对于传统的以功率覆盖为主的非相干干扰,欺骗干扰具有设备规模小以及干扰效率高等优势。

[0003] 在现有技术中,现有商业欺骗信号生成器普遍存在技术复杂,硬件成本高,升级更新困难的问题,且现有欺骗模式普遍对真实信号采用压制式处理,导致欺骗信号容易被发现。

### 发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明实施例提供了一种欺骗信号生成方法及装置,以解决欺骗信号容易被发现的问题。

[0005] 本发明实施例的第一方面提供了一种欺骗信号生成方法,包括:

[0006] 获取目标接收机接收的原始卫星信号;

[0007] 根据所述原始卫星信号捕获卫星进行跟踪,得到各颗卫星跟踪通道的跟踪结果和定位结果;

[0008] 利用 $T_k$ 时刻所述卫星的跟踪结果和定位结果,预测 $T_{k+1}$ 时刻所述各颗卫星的真实信号,生成攻击所述原始卫星信号的真实信号分量;

[0009] 根据预设的欺骗轨迹中 $T_{k+1}$ 时刻的位置和速度,生成 $T_{k+1}$ 时刻所述各颗卫星的欺骗信号分量;

[0010] 在 $T_{k+1}$ 时刻根据所述真实信号分量和所述欺骗信号分量生成欺骗攻击信号,以将所述欺骗攻击信号植入所述目标接收机的天线信号中。

[0011] 在一个实施示例中,所述在 $T_{k+1}$ 时刻根据所述真实信号分量和所述欺骗信号分量生成欺骗攻击信号,包括:

[0012] 在 $T_{k+1}$ 时刻根据所述真实信号分量 $r_{actual}^j$ 和所述欺骗信号分量 $r_{spooof}^j$ ,计算欺骗攻击

信号  $r_{attack} = \sum_{j=1}^N (r_{spoof}^j - r_{actual}^j)$ ; 其中N表示共有N颗卫星; j表示第j个跟踪通道。

[0013] 在一个实施示例中,所述根据所述原始卫星信号捕获卫星进行跟踪,得到各颗卫星跟踪通道的跟踪结果和定位结果,包括:

[0014] 对所述原始卫星信号进行下变频得到采样信号;

[0015] 根据所述采样信号捕获所述各颗卫星,获得每一所述卫星的测距码相位和载波多普勒频移;

[0016] 对于每一所述卫星跟踪通道,根据所述测距码相位和所述载波多普勒频移剥离所述采样信号中所述测距码和所述载波得到导航电文比特;

[0017] 解调所述导航电文比特得到所述卫星的导航电文;所述导航电文包括所述卫星的位置以及速度、所述原始卫星信号的发射时间、卫星时钟修正量和卫星星历;

[0018] 通过矢量跟踪导航滤波器根据各颗所述卫星的位置与由所述目标接收机时间得到的伪距观测量进行定位解算,得到所述目标接收机位置、速度、钟差和钟漂。

[0019] 在一个实施示例中,所述利用 $T_k$ 时刻所述卫星的跟踪结果和定位结果,预测 $T_{k+1}$ 时刻所述各颗卫星的真实信号,生成攻击所述原始卫星信号的真实信号分量,包括:

[0020] 根据所述目标接收机位置和所述接收机钟差采用矢量跟踪方式生成所述真实信号分量的即时支路测距码  $C_{prompt,actual}^j$ ;

[0021] 根据所述目标接收机速度和所述接收机钟漂采用矢量跟踪方式生成所述真实信号分量的载波  $Carr_{actual}^j$ ;

[0022] 根据所述真实信号分量的支路测距码  $C_{prompt,actual}^j$  和载波  $Carr_{actual}^j$  计算第j个所述跟踪通道的所述真实信号分量  $r_{actual}^j = \hat{A}^j * \hat{D}_{nav,actual}^j * C_{prompt,actual}^j * Carr_{actual}^j$ ;

[0023] 其中,  $\hat{A}^j$  表示估计的信号幅值;  $\hat{D}_{nav,actual}^j$  表示估计的真实信号导航比特。

[0024] 在一个实施示例中,所述估计的信号幅值  $\hat{A}^j$  的计算公式为:

$$[0025] \quad \hat{A}^j = \frac{\sum_1^{N_{sample}} (r_{raw} * C_{prompt}^j * \hat{D}_{nav,actual}^j * Carr^j)}{\sum_1^{N_{sample}} (C_{prompt}^j * \hat{D}_{nav,actual}^j * Carr^j)^2}$$

[0026] 其中,  $r_{raw}$  表示真实卫星信号;  $N_{sample}$  表示一个所述跟踪通道的真实卫星信号更新间隔内需要处理的采样点数量;

[0027] 所述估计的真实信号导航比特  $\hat{D}_{nav,actual}^j$  的计算公式为:

$$[0028] \quad \hat{D}_{nav,actual}^j = r_{raw} * C_{prompt}^j * Carr^j;$$

[0029] 其中,  $C_{prompt}^j$  表示原始卫星信号分量的即时支路测距码;  $Carr^j$  表示原始卫星信号分量的载波。

[0030] 在一个实施示例中,所述真实信号分量/所述原始卫星信号分量的即时支路测距码  $C_{prompt,actual}^j / C_{prompt}^j$  的生成过程,包括:

[0031] 通过  $T_k$  时刻所述矢量跟踪导航滤波器输出结果获得  $T_{k+1}$  时刻预测的所述目标接收机位置  $\tilde{\mathbf{r}}_{u,k+1}$  和所述目标接收机钟差  $\hat{b}_{clk}$ ;

[0032] 根据  $T_{k+1}$  时刻预测的所述目标接收机位置  $\tilde{\mathbf{r}}_{u,k+1}$ 、所述目标接收机钟差  $\hat{b}_{clk}$  和由所述卫星星历得到的第  $j$  个所述跟踪通道的卫星在  $T_{k+1}$  时刻的卫星位置  $\mathbf{r}_{k+1}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ ;

[0033] 根据所述  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  和  $T_k$  时刻的估计伪距  $\hat{\rho}_k^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻测距码控制频率;所述  $T_k$  时刻的估计伪距为  $T_k$  时刻的预测伪距;

[0034] 由  $T_{k+1}$  时刻所述测距码控制频率和  $T_k$  时刻所述真实信号/所述原始卫星信号码相位生成所述真实信号分量/所述原始卫星信号分量的即时支路测距码  $C_{prompt,actual}^j / C_{prompt}^j$ ;

[0035] 所述真实信号分量/所述原始卫星信号分量的的载波  $Carr_{actual}^j / Carr^j$  的生成过程,包括:

[0036] 通过  $T_k$  时刻所述矢量跟踪导航滤波器输出结果获得  $T_{k+1}$  时刻所述目标接收机速度  $\tilde{\mathbf{v}}_{u,k+1}$  和所述目标接收机钟漂  $\hat{d}_{u,clk}$ ;

[0037] 根据  $T_{k+1}$  时刻所述目标接收机速度  $\tilde{\mathbf{v}}_{u,k+1}$ 、所述目标接收机钟漂  $\hat{d}_{u,clk}$  和由所述卫星星历得到的第  $j$  个所述跟踪通道的卫星在  $T_{k+1}$  时刻对应的卫星速度  $\mathbf{v}_{sv,k+1}^j$  和卫星钟漂  $d_{sv,clk}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距率  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ ;

[0038] 根据所述  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距率  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻载波控制频率;

[0039] 由  $T_{k+1}$  时刻所述载波控制频率和  $T_k$  时刻所述真实信号/所述原始卫星信号载波相位生成所述真实信号分量/所述原始卫星信号分量的载波  $Carr_{actual}^j / Carr^j$ 。

[0040] 在一个实施示例中,所述根据预设的欺骗轨迹中  $T_{k+1}$  时刻的位置和速度,生成  $T_{k+1}$  时刻所述各颗卫星的欺骗信号分量,包括:

[0041] 根据  $T_{k+1}$  时刻所述欺骗轨迹位置和所述目标接收机钟差采用矢量跟踪方式生成所述欺骗信号分量的即时支路测距码  $C_{prompt,spoof}^j$ ;

[0042] 根据  $T_{k+1}$  时刻所述欺骗轨迹位置速度和所述目标接收机钟漂采用矢量跟踪方式生成所述欺骗信号分量的载波  $Carr_{spoof}^j$ ;

[0043] 根据所述欺骗信号分量的支路测距码  $C_{prompt,spoof}^j$  和载波  $Carr_{spoof}^j$  计算第  $j$  个所述跟踪通道的所述欺骗信号分量  $\mathbf{r}_{spoof}^j = \hat{\mathbf{A}}^j * \hat{\mathbf{D}}_{nav,spoof}^j .* C_{prompt,spoof}^j .* Carr_{spoof}^j$ ;

[0044] 其中,  $\hat{D}_{nav,spoof}^j$  表示估计的欺骗信号导航比特;

[0045] 所述估计的欺骗信号导航比特  $\hat{D}_{nav,spoof}^j$  的计算公式为:

$$[0046] \quad \hat{D}_{nav,spoof} = \begin{cases} 1, & \text{if } I_p > 0 \\ -1, & \text{if } I_p < 0 \end{cases}$$

[0047] 其中,  $I_p = \sum (r_{raw} .* C_{prompt}^j .* Carr^j)$ 。

[0048] 在一个实施示例中,所述欺骗信号分量的即时支路测距码  $C_{prompt,spoof}^j$  的生成过程,包括:

[0049] 通过  $T_k$  时刻所述矢量跟踪导航滤波器输出结果获得  $T_{k+1}$  时刻预测的所述目标接收机钟差  $\hat{b}_{clk}$ ;

[0050] 根据  $T_{k+1}$  时刻预测的所述欺骗轨迹位置  $r_{trj,k+1}$ 、所述目标接收机钟差  $\hat{b}_{clk}$  和由所述卫星星历得到的第  $j$  个所述跟踪通道的卫星在  $T_{k+1}$  时刻的卫星位置  $\mathbf{r}_{k+1}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ ;

[0051] 根据所述  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  和  $T_k$  时刻的估计伪距  $\hat{\rho}_k^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻测距码控制频率;所述  $T_k$  时刻的估计伪距为  $T_k$  时刻的预测伪距;

[0052] 由  $T_{k+1}$  时刻所述测距码控制频率和  $T_k$  时刻所述欺骗信号码相位生成所述欺骗信号分量的即时支路测距码  $C_{prompt,spoof}^j$ ;

[0053] 所述欺骗信号分量的载波  $Carr_{spoof}^j$  的生成过程,包括:

[0054] 通过  $T_k$  时刻所述矢量跟踪导航滤波器输出结果获得  $T_{k+1}$  时刻所述目标接收机钟漂  $\hat{d}_{u,clk}$ ;

[0055] 根据  $T_{k+1}$  时刻所述欺骗轨迹速度  $v_{trj,k+1}$ 、所述目标接收机钟漂  $\hat{d}_{u,clk}$  和由所述卫星星历得到的第  $j$  个所述跟踪通道的卫星在  $T_{k+1}$  时刻的卫星速度  $\mathbf{v}_{sv,k+1}^j$  和卫星钟漂  $d_{sv,clk}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距率  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ ;

[0056] 根据所述  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距率  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻载波控制频率;

[0057] 由  $T_{k+1}$  时刻所述载波控制频率和  $T_k$  时刻所述欺骗信号载波相位生成所述欺骗信号分量的载波  $Carr_{spoof}^j$ 。

[0058] 本发明实施例的第二方面提供了一种欺骗信号生成装置,包括:

[0059] 原始信号获取模块,用于获取目标接收机接收的原始卫星信号;

[0060] 卫星跟踪模块,用于根据所述原始卫星信号捕获卫星进行跟踪,得到各颗卫星跟踪通道的跟踪结果和定位结果;

[0061] 真实信号生成模块,用于利用  $T_k$  时刻所述卫星的跟踪结果和定位结果,预测  $T_{k+1}$  时

刻所述各颗卫星的真实信号,生成攻击所述原始卫星信号的真实信号分量;

[0062] 欺骗信号生成模块,用于根据预设的欺骗轨迹中 $T_{k+1}$ 时刻的位置和速度,生成 $T_{k+1}$ 时刻所述各颗卫星的欺骗信号分量;

[0063] 欺骗攻击信号生成模块,用于在 $T_{k+1}$ 时刻根据所述真实信号分量和所述欺骗信号分量生成欺骗攻击信号,以将所述欺骗攻击信号植入所述目标接收机的天线信号中。

[0064] 本发明实施例的第三方面提供了一种欺骗信号生成装置,包括:矢量跟踪导航滤波器、存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序;所述矢量跟踪导航滤波器用于根据目标接收机接收的原始卫星信号进行定位解算,得到所述目标接收机位置、速度、钟差和钟漂;所述处理器执行所述计算机程序时实现第一方面中用于调焦的图像清晰度检测方法。

[0065] 本发明实施例提供的一种欺骗信号生成方法及装置,通过获取目标接收机接收的原始卫星信号;根据所述原始卫星信号捕获卫星进行跟踪,得到各颗卫星跟踪通道的跟踪结果和定位结果;利用 $T_k$ 时刻所述卫星的跟踪结果和定位结果,预测 $T_{k+1}$ 时刻所述各颗卫星的真实信号,生成攻击所述原始卫星信号的真实信号分量;根据预设的欺骗轨迹中 $T_{k+1}$ 时刻的位置和速度,生成 $T_{k+1}$ 时刻所述各颗卫星的欺骗信号分量;在 $T_{k+1}$ 时刻根据所述真实信号分量和所述欺骗信号分量生成欺骗攻击信号,以将所述欺骗攻击信号植入所述目标接收机的天线信号中;实现利用矢量跟踪环路构建接收机位置速度与环路控制信号之间的视距信息,预测真实信号的同时生成欺骗信号,真实信号与欺骗信号共同组成欺骗攻击信号重新植入原始信号中,将真实信号切断的同时将导航接收机引导至欺骗轨迹当中,使得欺骗信号不容易被检测识别。通过提高欺骗信号的欺骗性进一步研究导航卫星抗欺骗技术。

## 附图说明

[0066] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,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地介绍,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。

[0067] 图1是本发明实施例一提供的欺骗信号生成方法的流程示意图;

[0068] 图2是本发明实施例一提供的生成真实信号分量的即时支路测距码的流程示意图;

[0069] 图3是本发明实施例一提供的生成真实信号分量的载波的流程示意图;

[0070] 图4是本发明实施例一提供的生成原始卫星信号分量的即时支路测距码的流程示意图;

[0071] 图5是本发明实施例一提供的生成原始卫星信号分量的载波的流程示意图;

[0072] 图6是本发明实施例一提供的生成欺骗信号分量的即时支路测距码的流程示意图;

[0073] 图7是本发明实施例一提供的生成欺骗信号分量的载波的流程示意图;

[0074] 图8是本发明实施例二提供的欺骗信号生成装置的结构示意图;

[0075] 图9是本发明实施例三提供的欺骗信号生成装置的结构示意图。

## 具体实施方式

[0076] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分的实施例,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,都应当属于本发明保护的范围。

[0077] 本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“包括”以及它们任何变形,意图在于覆盖不排他的包含。例如包含一系列步骤或单元的过程、方法或系统、产品或设备没有限定于已列出的步骤或单元,而是可选地还包括没有列出的步骤或单元,或可选地还包括对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。此外,术语“第一”、“第二”和“第三”等是用于区别不同对象,而非用于描述特定顺序。

[0078] 实施例一

[0079] 如图1所示,是本发明实施例一提供的欺骗信号生成方法的流程示意图。本实施例可适用于接收机接收导航卫星发送的卫星信号的应用场景,该方法可以由欺骗信号生成装置中的处理器执行,该控制装置可为智能终端、平板或PC等;在本发明实施例中以欺骗信号生成装置作为执行主体进行说明,该方法具体包括如下步骤:

[0080] S110、获取目标接收机接收的原始卫星信号;

[0081] 在接收机对导航卫星发送的卫星信号进行接收时极易受到欺骗信号干扰,使接收机得到错误的定位定速结果。生成导航卫星欺骗信号是研究抗欺骗技术的重要前提,可通过提高欺骗信号的欺骗性,进一步研究在卫星信号接收过程中如何对抗欺骗信号。

[0082] 由于接收机通过天线接收导航卫星发送的卫星信号,在生成欺骗信号时需获取目标接收机接收到的卫星信号进行欺骗信息编入。该原始卫星信号可用 $r_{\text{raw}}$ 表示。

[0083] S120、根据所述原始卫星信号捕获卫星进行跟踪,得到各颗卫星跟踪通道的跟踪结果和定位结果;

[0084] 当获取到原始卫星信号后可根据该卫星信号捕获卫星进行跟踪,进行数据解调获得卫星的导航电文,然后进行定位解算得到目标接收机位置、速度、钟差以及钟漂。可选的,欺骗信号生成装置中包括矢量跟踪导航滤波器,可通过矢量跟踪导航滤波器进行卫星跟踪、数据解调以及定位解算。

[0085] 在一个实施示例中,当获取到原始卫星信号后对所述原始卫星信号进行下变频得到采样信号;通过对该原始卫星信号下变频得到中频信号即采样信号,该采样信号为各颗卫星的真实信号以及噪声叠加起来的信号。在得到采样信号后通过矢量跟踪导航滤波器中的j个跟踪通道捕获各颗卫星,获得每一所述卫星的测距码相位和载波多普勒频移等;对于每一所述卫星跟踪通道,根据所述测距码相位和所述载波多普勒频移剥离采样信号中真实信号的测距码和载波得到导航电文比特( $\pm 1$ 的序列)。通过矢量跟踪导航滤波器解调所述导航电文比特得到所述卫星的导航电文;由导航电文可计算得到各颗卫星的位置以及速度、所述原始卫星信号的发射时间、卫星时钟修正量和卫星星历、卫星健康状态、电离层校正参数和对流层校正参数等信息。通过矢量跟踪导航滤波器根据各颗所述卫星的位置与由所述目标接收机时间(钟差和钟漂)得到的伪距观测量进行定位解算,得到所述目标接收机位置、速度、钟差和钟漂。

[0086] 具体地,欺骗信号生成装置还可包括载波/码相关器和跟踪通道鉴别器。采样信号

可通过输入载波/码相关器得到码相位误差和载波频率误差,并通过跟踪通道鉴别器根据当前 $T_k$ 时刻码相位误差和载波频率误差计算出目标接收机相对于各颗卫星的伪距和伪距率。矢量跟踪导航滤波器根据伪距和伪距率估算出目标接收机单位时间或检测时间下一时刻( $T_{k+1}$ )的预测位置和速度,利用更新后 $T_{k+1}$ 时刻目标接收机实际的位置和速度计算下一时刻的伪距观测量,从而预测出下一时刻的码相位误差和载波频率误差。伪距误差即目标接收机位置误差和伪距率误差即目标接收机速度误差可根据码相位误差和载波频率误差计算得到。以目标接收机位置和速度的误差为状态量建立EKF滤波器(矢量跟踪导航滤波器),在 $T_k$ 时刻可以估计出 $T_{k+1}$ 时刻滤波器的状态量,在 $T_{k+1}$ 时刻实际目标接收机位置和速度的误差进入滤波器时滤波器的状态量得到更新。

[0087] 矢量跟踪导航滤波器以扩展卡尔曼滤波器(Extended Kalman Filter,EKF)举例。状态矢量为: $X = [\Delta p_x, \Delta p_y, \Delta p_z, \Delta v_x, \Delta v_y, \Delta v_z, \Delta b, \Delta d]^T$ ;

[0088] 其中, $\Delta p = [\Delta p_x, \Delta p_y, \Delta p_z]$ 和 $\Delta v = [\Delta v_x, \Delta v_y, \Delta v_z]$ 表示在地心地固坐标系下的三维位置和速度误差矢量, $\Delta b$ 和 $\Delta d$ 分别表示接收机钟差与钟漂,此处以米为单位。

[0089] 系统状态方程为: $\hat{X}_k^- = \Phi_{k-1} \hat{X}_{k-1}^+$ ;

[0090] 其中状态转移矩阵 $\Phi_{k-1}$ 为: $\Phi_{k-1} = \begin{bmatrix} \mathbf{I}_{3 \times 3} & \tau \mathbf{I}_{3 \times 3} & \mathbf{0}_{3 \times 2} \\ \mathbf{0}_{3 \times 3} & \mathbf{I}_{3 \times 3} & \mathbf{0}_{3 \times 2} \\ \mathbf{0}_{2 \times 3} & \mathbf{0}_{2 \times 3} & \mathbf{K}_{8 \times 8} \end{bmatrix}$

[0091]  $\mathbf{K} = \begin{bmatrix} 1 & \tau \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$

[0092] 其中, $\tau$ 表示EKF的更新间隔,上标“-”和“+”分别表示测量值更新前后的系统状态,符号“ $\hat{\cdot}$ ”表示EKF估计。

[0093] 系统量测矩阵为: $\mathbf{Z} = [\Delta \rho^j, \Delta \dot{\rho}^j]$

[0094] 其中, $\Delta \rho^j$ 和 $\Delta \dot{\rho}^j$ 分别表示第j颗卫星的伪距误差和伪距率误差,其计算方法为:

$$\Delta \rho^j = \Delta \tau^j \cdot \frac{c}{f_{CA}}$$

[0095]  $\Delta \rho^j = f_{doppler}^j \frac{c}{f_{L1}} - (\mathbf{v}_{sv,k+1}^j - \tilde{\mathbf{v}}_{u,k+1}) \mathbf{I}^j - \hat{d}_{u,clk} + d_{sv,clk}^j$

[0096] 其中, $\Delta \tau^j$ 表示测距码鉴别器的输出,以码片为单位; $f_{Doppler}^j$ 表示多普勒频率,以Hz为单位。

[0097] 系统测量方程为: $Z_k = H_k \cdot X_k$

[0098] 其中H为量测矩阵,其计算方法为:

$$[0099] \quad \mathbf{H} = \begin{bmatrix} -\mathbf{1}_x^1 & -\mathbf{1}_y^1 & -\mathbf{1}_z^1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ -\mathbf{1}_x^2 & -\mathbf{1}_y^2 & -\mathbf{1}_z^2 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \vdots & \vdots \\ -\mathbf{1}_x^m & -\mathbf{1}_y^m & -\mathbf{1}_z^m & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\mathbf{1}_x^1 & -\mathbf{1}_y^1 & -\mathbf{1}_z^1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -\mathbf{1}_x^2 & -\mathbf{1}_y^2 & -\mathbf{1}_z^2 & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & -\mathbf{1}_x^m & -\mathbf{1}_y^m & -\mathbf{1}_z^m & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0100] 其中 $m$ 表示定位的卫星的数量； $1_x^1$ 、 $1_y^1$ 和 $1_z^1$ 表示单位观测矢量在 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 三个方向上的分量；上标表示卫星。

[0101] S130、利用 $T_k$ 时刻所述卫星的跟踪结果和定位结果，预测 $T_{k+1}$ 时刻所述各颗卫星的真实信号，生成攻击所述原始卫星信号的真实信号分量；

[0102] 在一个实施示例中，攻击所述原始卫星信号的真实信号分量的生成过程包括：根据所述目标接收机位置和所述接收机钟差采用矢量跟踪方式生成所述真实信号分量的即时支路测距码 $C_{prompt,actual}^j$ ；

[0103] 具体地，如图2所示是本发明实施例一提供的生成真实信号分量的即时支路测距码的流程示意图。生成真实信号分量的即时支路测距码的过程包括：

[0104] S210、通过 $T_k$ 时刻所述矢量跟踪导航滤波器输出结果获得 $T_{k+1}$ 时刻预测的所述目标接收机位置 $\tilde{\mathbf{r}}_{u,k+1}$ 和所述目标接收机钟差 $\hat{b}_{clk}$ ；其中， $T_k$ 时刻可为欺骗信号生成过程中任意一时刻， $T_{k+1}$ 时刻可为在单位时间或检测时间中 $T_k$ 时刻的下一时刻。

[0105] S220、根据 $T_{k+1}$ 时刻预测的所述目标接收机位置 $\tilde{\mathbf{r}}_{u,k+1}$ 、所述目标接收机钟差 $\hat{b}_{clk}$ 和由所述卫星星历得到的第 $j$ 个所述跟踪通道的卫星在 $T_{k+1}$ 时刻的卫星位置 $\mathbf{r}_{k+1}^j$ 计算 $T_{k+1}$ 时刻的预测伪距 $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ ；在一个实施方式中， $T_{k+1}$ 时刻的预测伪距 $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ 的计算公式可为：

$$\tilde{\rho}_{k+1}^j = \left\| \tilde{\mathbf{r}}_{u,k+1} - \mathbf{r}_{k+1}^j \right\| + \delta\hat{\rho}_{sv,c}^j + \delta\hat{\rho}_I^j + \delta\hat{\rho}_T^j - \hat{b}_{clk} ;$$

[0106] 其中， $\mathbf{r}_{k+1}^j$ 表示第 $j$ 个所述跟踪通道的卫星在 $T_{k+1}$ 时刻的卫星位置； $\tilde{\mathbf{r}}_{u,k+1}$ 表示 $T_{k+1}$ 时刻预测的所述目标接收机位置； $\hat{b}_{clk}$ 表示目标接收机钟差； $\delta\hat{\rho}_{sv,c}^j$ 、 $\delta\hat{\rho}_I^j$ 和 $\delta\hat{\rho}_T^j$ 分别表示卫星钟差、电离层修正误差和对流程修正误差。并且卫星钟差、电离层修正误差和对流程修正误差均可通过解调得到的导航电文获得。

[0107] S230、根据所述 $T_{k+1}$ 时刻的预测伪距 $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ 和 $T_k$ 时刻的估计伪距 $\hat{\rho}_k^j$ 计算 $T_{k+1}$ 时刻测距码控制频率；所述 $T_k$ 时刻的估计伪距为 $T_k$ 时刻的预测伪距；在一个实施方式中， $T_{k+1}$ 时刻第 $j$ 个跟踪通道的测距码控制频率 $\tilde{f}_{code,k+1}^j$ 的计算公式可为：

$$[0108] \quad \tilde{f}_{code,k+1}^j = f_{CA} \left[ 1 - \frac{\tilde{\rho}_{k+1}^j - \hat{\rho}_k^j}{c\tau} \right]$$

[0109] 其中,  $f_{CA}$  表示测距码的码速率, 为 1.023MHz;  $c$  表示光速;  $\tau$  表示跟踪信号即真实卫星信号更新间隔;  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  表示  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距;  $\hat{\rho}_k^j$  表示  $T_k$  时刻的估计伪距。

[0110] S240、由  $T_{k+1}$  时刻所述测距码控制频率和  $T_k$  时刻所述真实信号码相位生成所述真实信号分量的即时支路测距码  $C_{prompt,actual}^j$ 。

[0111] 在生成真实信号分量的即时支路测距码  $C_{prompt,actual}^j$  后, 欺骗信号生成装置根据所述目标接收机速度和所述接收机钟漂采用矢量跟踪方式生成所述真实信号分量的载波  $Carr_{actual}^j$ 。

[0112] 具体地, 如图3所示是本发明实施例一提供的生成真实信号分量的载波的流程图。生成真实信号分量的载波的过程包括: S310、通过  $T_k$  时刻所述矢量跟踪导航滤波器输出结果获得  $T_{k+1}$  时刻所述目标接收机速度  $\tilde{\mathbf{v}}_{u,k+1}$  和所述目标接收机钟漂  $\hat{d}_{u,clk}$ ;

[0113] S320、根据  $T_{k+1}$  时刻所述目标接收机速度  $\tilde{\mathbf{v}}_{u,k+1}$ 、所述目标接收机钟漂  $\hat{d}_{u,clk}$  和由所述卫星星历得到的第  $j$  个所述跟踪通道的卫星在  $T_{k+1}$  时刻对应的卫星速度  $\mathbf{v}_{sv,k+1}^j$  和卫星钟漂  $d_{sv,clk}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距率  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ ; 在一个实施方式中,  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距率  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  的计算公式可为:  $\tilde{\rho}_{k+1}^j = (\mathbf{v}_{sv,k+1}^j - \tilde{\mathbf{v}}_{u,k+1}) \mathbf{l}^j + \hat{d}_{u,clk} - d_{sv,clk}^j$

[0114] 其中,  $\mathbf{l}^j$  表示从接收机到第  $j$  颗卫星的单位观测矢量, 该单位观测矢量可通过卫星位置和目标接收机位置计算获得。

[0115] S330、根据所述  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距率  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻载波控制频率; 在一个实施方式中,  $T_{k+1}$  时刻第  $j$  个跟踪通道的载波控制频率  $\tilde{f}_{doppler,k+1}^j$  的计算公式可为:

$\tilde{f}_{doppler,k+1}^j = -\tilde{\rho}_{k+1}^j \frac{f_{L1}}{c}$ ; 其中,  $f_{L1}$  表示标称载波频率, 为 1575.42MHz;  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  表示  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距。

[0116] S340、由  $T_{k+1}$  时刻所述载波控制频率和  $T_k$  时刻所述真实信号载波相位生成所述真实信号分量的载波  $Carr_{actual}^j$ 。

[0117] 在生成真实信号分量的即时支路测距码  $C_{prompt,actual}^j$  和载波  $Carr_{actual}^j$  后, 欺骗信号生成装置可根据真实信号分量的支路测距码  $C_{prompt,actual}^j$  和载波  $Carr_{actual}^j$  计算第  $j$  个所述跟踪通道的所述真实信号分量  $r_{actual}^j$ :

[0118]  $r_{actual}^j = \hat{A}^j * \hat{D}_{nav,actual}^j .* C_{prompt,actual}^j .* Carr_{actual}^j$ ;

[0119] 其中,  $\hat{A}^j$  表示估计的信号幅值;  $\hat{D}_{nav,actual}^j$  表示估计的真实信号导航比特。

[0120] 在一个实施示例中, 估计的信号幅值  $\hat{A}^j$  的计算公式可为:

$$[0121] \quad \hat{A}^j = \frac{\sum_1^{N_{\text{sample}}} (r_{\text{raw}}^j \cdot C_{\text{prompt}}^j \cdot \hat{D}_{\text{nav,actual}}^j \cdot Carr^j)}{\sum_1^{N_{\text{sample}}} (C_{\text{prompt}}^j \cdot \hat{D}_{\text{nav,actual}}^j \cdot Carr^j)^2}$$

[0122] 其中,  $r_{\text{raw}}$  表示真实卫星信号;  $N_{\text{sample}}$  表示一个所述跟踪通道的跟踪信号即真实卫星信号更新间隔内需要处理的采样点数量;

[0123] 估计的真实信号导航比特  $\hat{D}_{\text{nav,actual}}^j$  的计算公式可为:

$$[0124] \quad \hat{D}_{\text{nav,actual}}^j = r_{\text{raw}}^j \cdot C_{\text{prompt}}^j \cdot Carr^j;$$

[0125] 其中,  $C_{\text{prompt}}^j$  表示原始卫星信号分量的即时支路测距码;  $Carr^j$  表示原始卫星信号分量的载波。

[0126] 具体地,如图4所示是本发明实施例一提供的生成原始卫星信号分量的即时支路测距码的流程示意图。生成原始卫星信号分量的即时支路测距码  $C_{\text{prompt}}^j$  的过程包括: S410、通过  $T_k$  时刻所述矢量跟踪导航滤波器输出结果获得  $T_{k+1}$  时刻预测的所述目标接收机位置  $\tilde{\mathbf{r}}_{u,k+1}$  和所述目标接收机钟差  $\hat{b}_{\text{clk}}$ ; 其中,  $T_k$  时刻可为欺骗信号生成过程中任意一时刻,  $T_{k+1}$  时刻可为在单位时间或检测时间中  $T_k$  时刻的下一时刻。

[0127] S420、根据  $T_{k+1}$  时刻预测的所述目标接收机位置  $\tilde{\mathbf{r}}_{u,k+1}$ 、所述目标接收机钟差  $\hat{b}_{\text{clk}}$  和由所述卫星星历得到的第  $j$  个所述跟踪通道的卫星在  $T_{k+1}$  时刻的卫星位置  $\mathbf{r}_{k+1}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ ; 在一个实施方式中,  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  的计算公式可为:

$$\tilde{\rho}_{k+1}^j = \left\| \tilde{\mathbf{r}}_{u,k+1} - \mathbf{r}_{k+1}^j \right\| + \delta\hat{\rho}_{\text{sv,c}}^j + \delta\hat{\rho}_I^j + \delta\hat{\rho}_T^j - \hat{b}_{\text{clk}};$$

[0128] 其中,  $\mathbf{r}_{k+1}^j$  表示第  $j$  个所述跟踪通道的卫星在  $T_{k+1}$  时刻的卫星位置;  $\tilde{\mathbf{r}}_{u,k+1}$  表示  $T_{k+1}$  时刻预测的所述目标接收机位置;  $\hat{b}_{\text{clk}}$  表示目标接收机钟差;  $\delta\hat{\rho}_{\text{sv,c}}^j$ 、 $\delta\hat{\rho}_I^j$  和  $\delta\hat{\rho}_T^j$  分别表示卫星钟差、电离层修正误差和对流程修正误差。并且卫星钟差、电离层修正误差和对流程修正误差均可通过解调得到的导航电文获得。

[0129] S430、根据所述  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  和  $T_k$  时刻的估计伪距  $\hat{\rho}_k^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻测距码控制频率; 所述  $T_k$  时刻的估计伪距为  $T_k$  时刻的预测伪距; 在一个实施方式中,  $T_{k+1}$  时刻第  $j$  个跟踪通道的测距码控制频率  $\tilde{f}_{\text{code},k+1}^j$  的计算公式可为:

$$[0130] \quad \tilde{f}_{\text{code},k+1}^j = f_{\text{CA}} \left[ 1 - \frac{\tilde{\rho}_{k+1}^j - \hat{\rho}_k^j}{c\tau} \right]$$

[0131] 其中,  $f_{\text{CA}}$  表示测距码的码速率, 为 1.023MHz;  $c$  表示光速;  $\tau$  表示跟踪信号即真实卫星信号更新间隔;  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  表示  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距;  $\hat{\rho}_k^j$  表示  $T_k$  时刻的估计伪距。

[0132] S440、由  $T_{k+1}$  时刻所述测距码控制频率和  $T_k$  时刻原始卫星信号码相位生成原始卫

星信号分量的即时支路测距码  $C_{prompt}^j$ 。

[0133] 具体地,欺骗信号生成装置根据所述目标接收机速度和所述接收机钟漂采用矢量跟踪方式生成原始卫星信号分量的载波  $Carr^j$ 。如图5所示是本发明实施例一提供的生成原始卫星信号分量的载波的流程示意图。生成原始卫星信号分量的载波的过程包括:S510、通过  $T_k$  时刻所述矢量跟踪导航滤波器输出结果获得  $T_{k+1}$  时刻所述目标接收机速度  $\tilde{\mathbf{v}}_{u,k+1}$  和所述目标接收机钟漂  $\hat{d}_{u,clk}$ ；

[0134] S520、根据  $T_{k+1}$  时刻所述目标接收机速度  $\tilde{\mathbf{v}}_{u,k+1}$ 、所述目标接收机钟漂  $\hat{d}_{u,clk}$  和由所述卫星星历得到的第  $j$  个所述跟踪通道的卫星在  $T_{k+1}$  时刻对应的卫星速度  $\mathbf{v}_{sv,k+1}^j$  和卫星钟漂  $d_{sv,clk}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距率  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ ；在一个实施方式中,  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距率  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  的计算公式可为：
$$\tilde{\rho}_{k+1}^j = (\mathbf{v}_{sv,k+1}^j - \tilde{\mathbf{v}}_{u,k+1}) \mathbf{l}^j + \hat{d}_{u,clk} - d_{sv,clk}^j$$

[0135] 其中,  $\mathbf{l}^j$  表示从接收机到第  $j$  颗卫星的单位观测矢量,该单位观测矢量可通过卫星位置和目标接收机位置计算获得。

[0136] S530、根据所述  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距率  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻载波控制频率；在一个实施方式中,  $T_{k+1}$  时刻第  $j$  个跟踪通道的载波控制频率  $\tilde{f}_{doppler,k+1}^j$  的计算公式可为：

$$\tilde{f}_{doppler,k+1}^j = -\tilde{\rho}_{k+1}^j \frac{f_{L1}}{c}$$
；其中,  $f_{L1}$  表示标称载波频率,为1575.42MHz； $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  表示  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距。

[0137] S540、由  $T_{k+1}$  时刻所述载波控制频率和  $T_k$  时刻原始卫星信号载波相位生成原始卫星信号分量的载波  $Carr^j$ 。

[0138] S140、根据预设的欺骗轨迹中  $T_{k+1}$  时刻的位置和速度,生成  $T_{k+1}$  时刻所述各颗卫星的欺骗信号分量；

[0139] 在一个实施示例中,预设的欺骗轨迹中位置和速度可通过人为提前设置。欺骗信号分量的生成过程包括:根据  $T_{k+1}$  时刻所述欺骗轨迹位置和所述目标接收机钟差采用矢量跟踪方式生成所述欺骗信号分量的即时支路测距码  $C_{prompt,spoof}^j$ ；

[0140] 具体地,如图6所示是本发明实施例一提供的生成欺骗信号分量的即时支路测距码的流程示意图。生成欺骗信号分量的即时支路测距码  $C_{prompt,spoof}^j$  的过程包括:S610、通过  $T_k$  时刻所述矢量跟踪导航滤波器输出结果获得  $T_{k+1}$  时刻预测的所述目标接收机钟差  $\hat{b}_{clk}$ ；

[0141] S620、根据  $T_{k+1}$  时刻预测的所述欺骗轨迹位置  $\mathbf{r}_{trj,k+1}$ 、所述目标接收机钟差  $\hat{b}_{clk}$  和由所述卫星星历得到的第  $j$  个所述跟踪通道的卫星在  $T_{k+1}$  时刻的卫星位置  $\mathbf{r}_{k+1}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ ；在一个实施方式中,  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  的计算公式可为：

$$\tilde{\rho}_{k+1}^j = \left\| \tilde{\mathbf{r}}_{trj,k+1} - \mathbf{r}_{k+1}^j \right\| + \delta\hat{\rho}_{sv,c}^j + \delta\hat{\rho}_I^j + \delta\hat{\rho}_T^j - \hat{b}_{clk} ;$$

[0142] 其中,  $\mathbf{r}_{k+1}^j$  表示第j个所述跟踪通道的卫星在  $T_{k+1}$  时刻的卫星位置;  $\tilde{\mathbf{r}}_{trj,k+1}$  表示  $T_{k+1}$  时刻预测的欺骗轨迹位置;  $\hat{b}_{clk}$  表示目标接收机钟差;  $\delta\hat{\rho}_{sv,c}^j$ 、 $\delta\hat{\rho}_I^j$  和  $\delta\hat{\rho}_T^j$  分别表示卫星钟差、电离层修正误差和对流程修正误差。并且卫星钟差、电离层修正误差和对流程修正误差均可通过解调得到的导航电文获得。

[0143] S630、根据所述  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  和  $T_k$  时刻的估计伪距  $\hat{\rho}_k^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻测距码控制频率; 所述  $T_k$  时刻的估计伪距为  $T_k$  时刻的预测伪距; 在一个实施方式中,  $T_{k+1}$  时刻第j个跟踪通道的测距码控制频率  $\tilde{f}_{code,k+1}^j$  的计算公式可为:

$$[0144] \quad \tilde{f}_{code,k+1}^j = f_{CA} \left[ 1 - \frac{\tilde{\rho}_{k+1}^j - \hat{\rho}_k^j}{c\tau} \right]$$

[0145] 其中,  $f_{CA}$  表示测距码的码速率, 为 1.023MHz;  $c$  表示光速;  $\tau$  表示跟踪信号即真实卫星信号更新间隔;  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  表示  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距;  $\hat{\rho}_k^j$  表示  $T_k$  时刻的估计伪距。

[0146] S640、由  $T_{k+1}$  时刻所述测距码控制频率和  $T_k$  时刻所述欺骗信号码相位生成所述欺骗信号分量的即时支路测距码  $C_{prompt,spoof}^j$ 。

[0147] 在生成欺骗信号分量的即时支路测距码  $C_{prompt,spoof}^j$  后, 欺骗信号生成装置根据  $T_{k+1}$  时刻所述欺骗轨迹位置速度和所述目标接收机钟漂采用矢量跟踪方式生成所述欺骗信号分量的载波  $Carr_{spoof}^j$ ;

[0148] 具体地, 如图7所示是本发明实施例一提供的生成欺骗信号分量的载波的流程示意图。生成欺骗信号分量的载波的过程包括:

[0149] S710、通过  $T_k$  时刻所述矢量跟踪导航滤波器输出结果获得  $T_{k+1}$  时刻所述目标接收机钟漂  $\hat{d}_{u,clk}$ ;

[0150] S720、根据  $T_{k+1}$  时刻所述欺骗轨迹速度  $\mathbf{v}_{trj,k+1}$ 、所述目标接收机钟漂  $\hat{d}_{u,clk}$  和由所述卫星星历得到的第j个所述跟踪通道的卫星在  $T_{k+1}$  时刻的卫星速度  $\mathbf{v}_{sv,k+1}^j$  和卫星钟漂  $d_{sv,clk}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距率  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$ ; 在一个实施方式中,  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距率  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  的计算公式可为:  $\tilde{\rho}_{k+1}^j = (\mathbf{v}_{sv,k+1}^j - \tilde{\mathbf{v}}_{trj,k+1}) \mathbf{l}^j + \hat{d}_{u,clk} - d_{sv,clk}^j$ ;

[0151] 其中,  $\mathbf{l}^j$  表示从接收机到第j颗卫星的单位观测矢量, 该单位观测矢量可通过卫星位置和目标接收机位置计算获得。

[0152] S730、根据所述  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距率  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  计算  $T_{k+1}$  时刻载波控制频率; 在一个实施方式中,  $T_{k+1}$  时刻第j个跟踪通道的载波控制频率  $\tilde{f}_{doppler,k+1}^j$  的计算公式可为:

$\tilde{f}_{doppler,k+1}^j = -\tilde{\rho}_{k+1}^j \frac{f_{L1}}{c}$ ; 其中,  $f_{L1}$  表示标称载波频率, 为1575.42MHz;  $\tilde{\rho}_{k+1}^j$  表示  $T_{k+1}$  时刻的预测伪距。并且, 欺骗信号初始时刻生成测距码频率和载波频率所需的码相位和载波相位采用上一时刻真实信号的码相位和载波相位。

[0153] S740、由  $T_{k+1}$  时刻所述载波控制频率和  $T_k$  时刻所述欺骗信号载波相位生成所述欺骗信号分量的载波  $Carr_{spoof}^j$ 。

[0154] 在生成欺骗信号分量的即时支路测距码  $C_{prompt,spoof}^j$  和载波  $Carr_{spoof}^j$  后, 欺骗信号生成装置可根据所述欺骗信号分量的支路测距码  $C_{prompt,spoof}^j$  和载波  $Carr_{spoof}^j$  计算第  $j$  个所述跟踪通道的所述欺骗信号分量:

$$[0155] \quad r_{spoof}^j = \hat{A}^j * \hat{D}_{nav,spoof}^j * C_{prompt,spoof}^j * Carr_{spoof}^j;$$

[0156] 其中,  $\hat{A}^j$  如上述所示表示估计的信号幅值;  $\hat{D}_{nav,spoof}^j$  表示估计的欺骗信号导航比特;

[0157] 所述估计的欺骗信号导航比特  $\hat{D}_{nav,spoof}^j$  的计算公式为:

$$[0158] \quad \hat{D}_{nav,spoof}^j = \begin{cases} 1, & \text{if } I_p > 0 \\ -1, & \text{if } I_p < 0 \end{cases}$$

[0159] 其中,  $I_p = \sum (r_{raw} * C_{prompt}^j * Carr^j)$ 。

[0160] S150、在  $T_{k+1}$  时刻根据所述真实信号分量和所述欺骗信号分量生成欺骗攻击信号, 以将所述欺骗攻击信号植入所述目标接收机的天线信号中。

[0161] 在一个实施示例中, 在  $T_{k+1}$  时刻根据真实信号分量  $r_{actual}^j$  和欺骗信号分量  $r_{spoof}^j$  计算

$$\text{欺骗攻击信号 } r_{attack} \text{ 的计算公式可为: } r_{attack} = \sum_{j=1}^N (r_{spoof}^j - r_{actual}^j);$$

[0162] 其中  $N$  表示共有  $N$  颗卫星;  $j$  表示第  $j$  个跟踪通道。

[0163] 在欺骗信号生成装置生成欺骗攻击信号后, 将该欺骗攻击信号植入到目标接收机的天线信号中, 从而将欺骗攻击信号送入目标接收机。当目标接收机对天线接收到的卫星信号进行处理时, 目标接收机实际处理的卫星信号为  $r_{raw}' = r_{raw} - r_{attack}$ 。由于目标接收机接收到的卫星信号为欺骗攻击信号与原始卫星信号的叠加信号, 使得原始卫星信号被真实信号削减实现将原始卫星信号中的真实信号切断, 目标接收机实际在对欺骗信号进行处理。

[0164] 本发明实施例提供一种欺骗信号生成方法, 通过获取目标接收机接收的原始卫星信号; 根据所述原始卫星信号捕获卫星进行跟踪, 得到各颗卫星跟踪通道的跟踪结果和定位结果; 利用  $T_k$  时刻所述卫星的跟踪结果和定位结果, 预测  $T_{k+1}$  时刻所述各颗卫星的真实信号, 生成攻击所述原始卫星信号的真实信号分量; 根据预设的欺骗轨迹中  $T_{k+1}$  时刻的位置和速度, 生成  $T_{k+1}$  时刻所述各颗卫星的欺骗信号分量; 在  $T_{k+1}$  时刻根据所述真实信号分量和所述欺骗信号分量生成欺骗攻击信号, 以将所述欺骗攻击信号植入所述目标接收机的天线信号中; 实现利用矢量跟踪环路构建接收机位置速度与环路控制信号之间的视距信息, 预

测真实信号的同时生成欺骗信号,真实信号与欺骗信号共同组成欺骗攻击信号重新植入原始信号中,将真实信号切断的同时将导航接收机引导至欺骗轨迹当中,使得欺骗信号不容易被检测识别。通过提高欺骗信号的欺骗性进一步研究导航卫星抗欺骗技术。

[0165] 实施例二

[0166] 如图8所示的是本发明实施例三提供的欺骗信号生成装置。在实施例一的基础上,本发明实施例还提供了一种欺骗信号生成装置8,该装置包括:

[0167] 原始信号获取模块801,用于获取目标接收机接收的原始卫星信号;

[0168] 卫星跟踪模块802,用于根据所述原始卫星信号捕获卫星进行跟踪,得到各颗卫星跟踪通道的跟踪结果和定位结果;

[0169] 在一个实施示例中,根据所述原始卫星信号捕获卫星进行跟踪,得到各颗卫星跟踪通道的跟踪结果和定位结果时,卫星跟踪模块802包括:

[0170] 变频单元,用于对所述原始卫星信号进行下变频得到采样信号;

[0171] 卫星捕获单元,用于根据所述采样信号捕获所述各颗卫星,获得每一所述卫星的测距码相位和载波多普勒频移;

[0172] 信号剥离单元,用于对于每一所述卫星跟踪通道,根据所述测距码相位和所述载波多普勒频移剥离所述采样信号中所述测距码和所述载波得到导航电文比特;

[0173] 数据解调单元,用于解调所述导航电文比特得到所述卫星的导航电文;所述导航电文包括所述卫星的位置以及速度、所述原始卫星信号的发射时间、卫星时钟修正量和卫星星历;

[0174] 定位解算单元,用于通过矢量跟踪导航滤波器根据各颗所述卫星的位置与由所述目标接收机时间得到的伪距观测量进行定位解算,得到所述目标接收机位置、速度、钟差和钟漂。

[0175] 真实信号生成模块803,用于利用 $T_k$ 时刻所述卫星的跟踪结果和定位结果,预测 $T_{k+1}$ 时刻所述各颗卫星的真实信号,生成攻击所述原始卫星信号的真实信号分量;

[0176] 在一个实施示例中,利用 $T_k$ 时刻所述卫星的跟踪结果和定位结果,预测 $T_{k+1}$ 时刻所述各颗卫星的真实信号,生成攻击所述原始卫星信号的真实信号分量时,真实信号生成模块803包括:

[0177] 即时支路测距码生成单元,用于根据所述目标接收机位置和所述接收机钟差采用矢量跟踪方式生成所述真实信号分量的即时支路测距码 $C_{prompt,actual}^j$ ;

[0178] 载波生成单元,用于根据所述目标接收机速度和所述接收机钟漂采用矢量跟踪方式生成所述真实信号分量的载波 $Carr_{actual}^j$ ;

[0179] 真实信号分量计算单元,用于根据所述真实信号分量的支路测距码 $C_{prompt,actual}^j$ 和载波 $Carr_{actual}^j$ 计算第j个所述跟踪通道的所述真实信号分量

$$r_{actual}^j = \hat{A}^j * \hat{D}_{nav,actual}^j .* C_{prompt,actual}^j .* Carr_{actual}^j \circ$$

[0180] 欺骗信号生成模块804,用于根据预设的欺骗轨迹中 $T_{k+1}$ 时刻的位置和速度,生成 $T_{k+1}$ 时刻所述各颗卫星的欺骗信号分量;

[0181] 在一个实施示例中,根据预设的欺骗轨迹中 $T_{k+1}$ 时刻的位置和速度,生成 $T_{k+1}$ 时刻

所述各颗卫星的欺骗信号分量时,欺骗信号生成模块804包括:

[0182] 即时支路测距码生成单元,用于根据 $T_{k+1}$ 时刻所述欺骗轨迹位置和所述目标接收机钟差采用矢量跟踪方式生成所述欺骗信号分量的即时支路测距码 $C_{prompt,spoof}^j$ ;

[0183] 载波生成单元,用于根据 $T_{k+1}$ 时刻所述欺骗轨迹位置速度和所述目标接收机钟漂采用矢量跟踪方式生成所述欺骗信号分量的载波 $Carr_{spoof}^j$ ;

[0184] 欺骗信号分量计算单元,用于根据所述欺骗信号分量的支路测距码 $C_{prompt,spoof}^j$ 和载波 $Carr_{spoof}^j$ 计算第j个所述跟踪通道的所述欺骗信号分量

$r_{spoof}^j = \hat{A}^j * \hat{D}_{nav,spoof}^j * C_{prompt,spoof}^j * Carr_{spoof}^j$ ;其中, $\hat{D}_{nav,spoof}^j$ 表示估计的欺骗信号导航比特。

[0185] 欺骗攻击信号生成模块805,用于在 $T_{k+1}$ 时刻根据所述真实信号分量和所述欺骗信号分量生成欺骗攻击信号,以将所述欺骗攻击信号植入所述目标接收机的天线信号中。

[0186] 本发明实施例提供的一种欺骗信号生成装置,通过获取目标接收机接收的原始卫星信号;根据所述原始卫星信号捕获卫星进行跟踪,得到各颗卫星跟踪通道的跟踪结果和定位结果;利用 $T_k$ 时刻所述卫星的跟踪结果和定位结果,预测 $T_{k+1}$ 时刻所述各颗卫星的真实信号,生成攻击所述原始卫星信号的真实信号分量;根据预设的欺骗轨迹中 $T_{k+1}$ 时刻的位置和速度,生成 $T_{k+1}$ 时刻所述各颗卫星的欺骗信号分量;在 $T_{k+1}$ 时刻根据所述真实信号分量和所述欺骗信号分量生成欺骗攻击信号,以将所述欺骗攻击信号植入所述目标接收机的天线信号中;实现利用矢量跟踪环路构建接收机位置速度与环路控制信号之间的视距信息,预测真实信号的同时生成欺骗信号,真实信号与欺骗信号共同组成欺骗攻击信号重新植入原始信号中,将真实信号切断的同时将导航接收机引导至欺骗轨迹当中,使得欺骗信号不容易被检测识别。通过提高欺骗信号的欺骗性进一步研究导航卫星抗欺骗技术。

[0187] 实施例三

[0188] 图9是本发明实施例三提供的欺骗信号生成装置的结构示意图。该装置包括:处理器1、存储器2、存储在上述存储器2中并可在所述处理器1上运行的计算机程序3,例如用于欺骗信号生成方法的程序;以及矢量跟踪导航滤波器4,矢量跟踪导航滤波器用于根据目标接收机接收的原始卫星信号进行定位解算,得到所述目标接收机位置、速度、钟差和钟漂。所述处理器1执行所述计算机程序3时实现上述欺骗信号生成方法实施例中的步骤,例如图1所示的步骤S110至S150。

[0189] 示例性的,所述计算机程序3可以被分割成一个或多个模块,所述一个或者多个模块被存储在上述存储器2中,并由所述处理器1执行,以完成本申请。所述一个或多个模块可以是能够完成特定功能的一系列计算机程序指令段,该指令段用于描述所述计算机程序3在所述欺骗信号生成装置中的执行过程。例如,所述计算机程序3可以被分割成原始信号获取模块、卫星跟踪模块、真实信号生成模块、欺骗信号生成模块和欺骗攻击信号生成模块。

[0190] 所述欺骗信号生成装置可包括,但不仅限于,处理器1、存储器2以及存储在上述存储器2中的计算机程序3以及矢量跟踪导航滤波器4。本领域技术人员可以理解,图9仅仅是欺骗信号生成装置的示例,并不构成对欺骗信号生成装置的限定,可以包括比图示更多或

更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件,例如所述欺骗信号生成装置还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。

[0191] 所述处理器1可以是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现成可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

[0192] 所述存储器2可以是所述控制装置的内部存储单元,例如装置的硬盘或内存。所述存储器2也可以是外部存储设备,例如欺骗信号生成装置上配备的插接式硬盘,智能存储卡(Smart Media Card,SMC),安全数字(Secure Digital,SD)卡,闪存卡(Flash Card)等。进一步地,所述存储器2还可以既包括欺骗信号生成装置的内部存储单元也包括外部存储设备。所述存储器2用于存储所述计算机程序以及欺骗信号生成方法所需的其他程序和数据。所述存储器2还可以用于暂时地存储已经输出或者将要输出的数据。

[0193] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为了描述的方便和简洁,仅以上述各功能单元、模块的划分进行举例说明,实际应用中,可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成,即将所述装置的内部结构划分成不同的功能单元或模块,以完成以上描述的全部或者部分功能。实施例中的各功能单元、模块可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中,上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。另外,各功能单元、模块的具体名称也只是为了便于相互区分,并不用于限制本申请的保护范围。

[0194] 以上所述实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围,均应包含在本发明的保护范围之内。

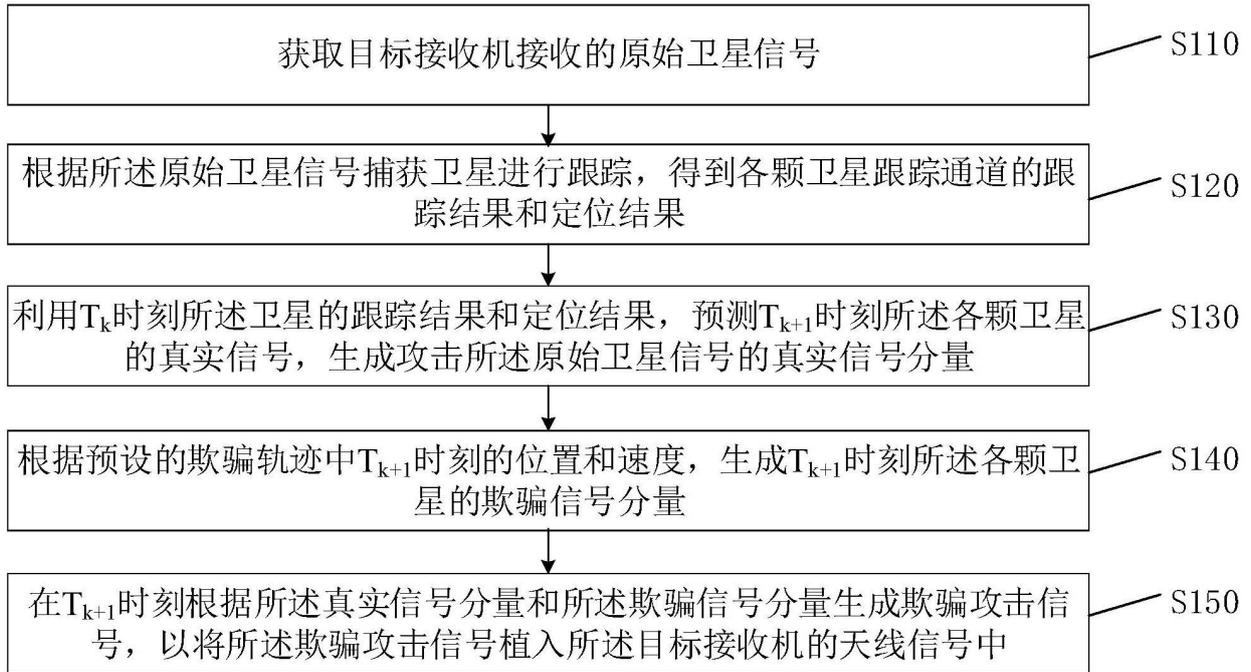


图1

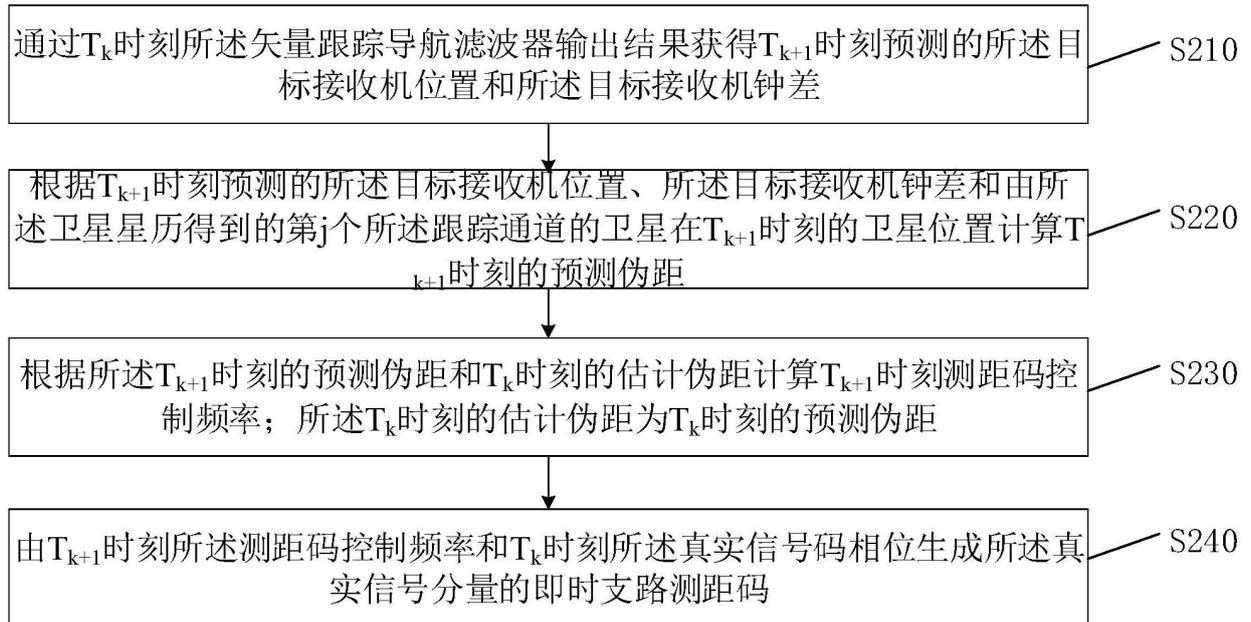


图2

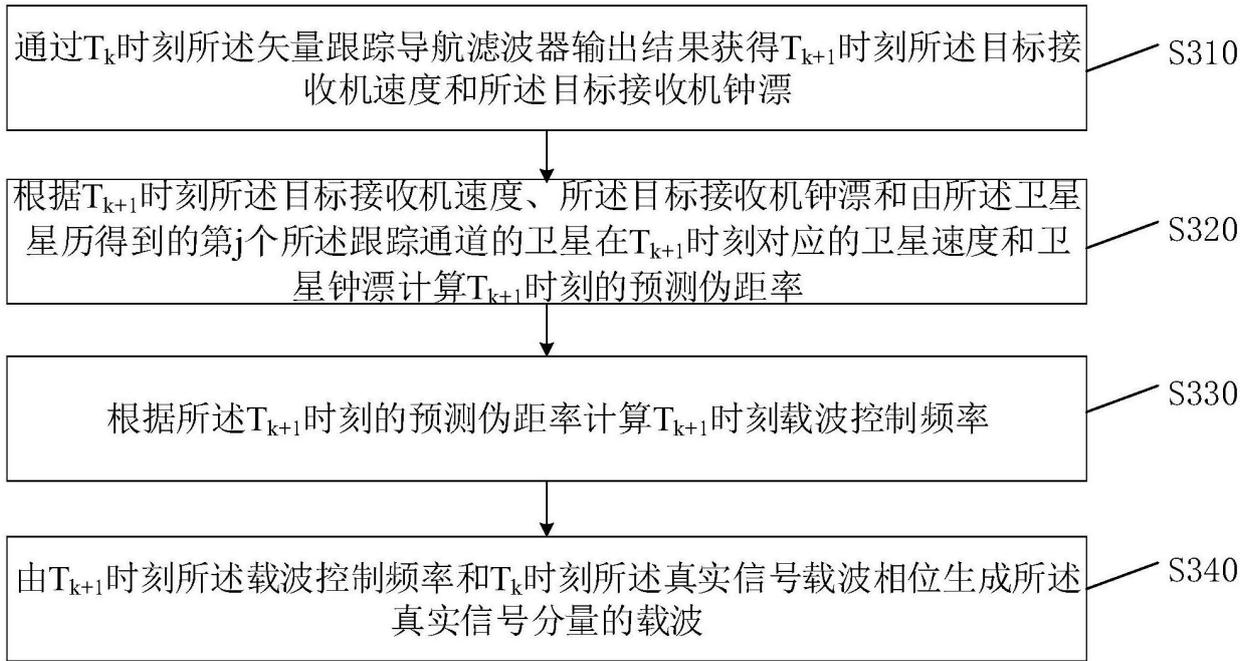


图3

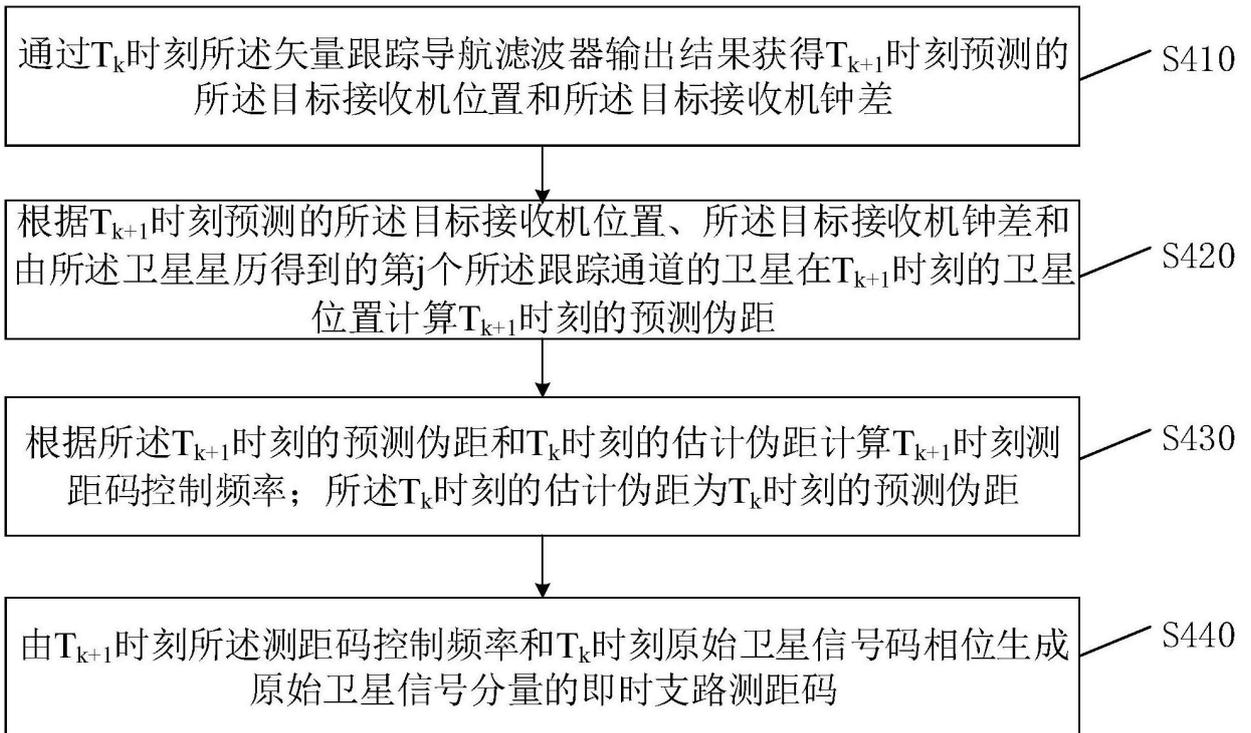


图4

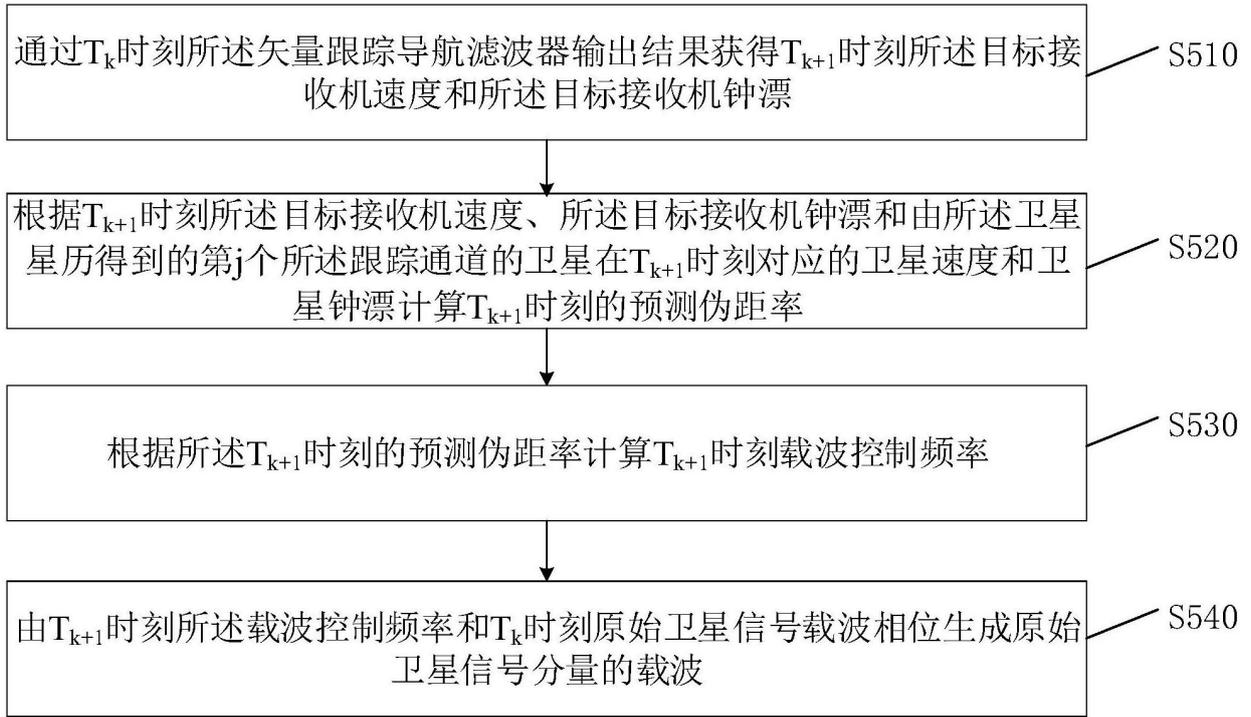


图5

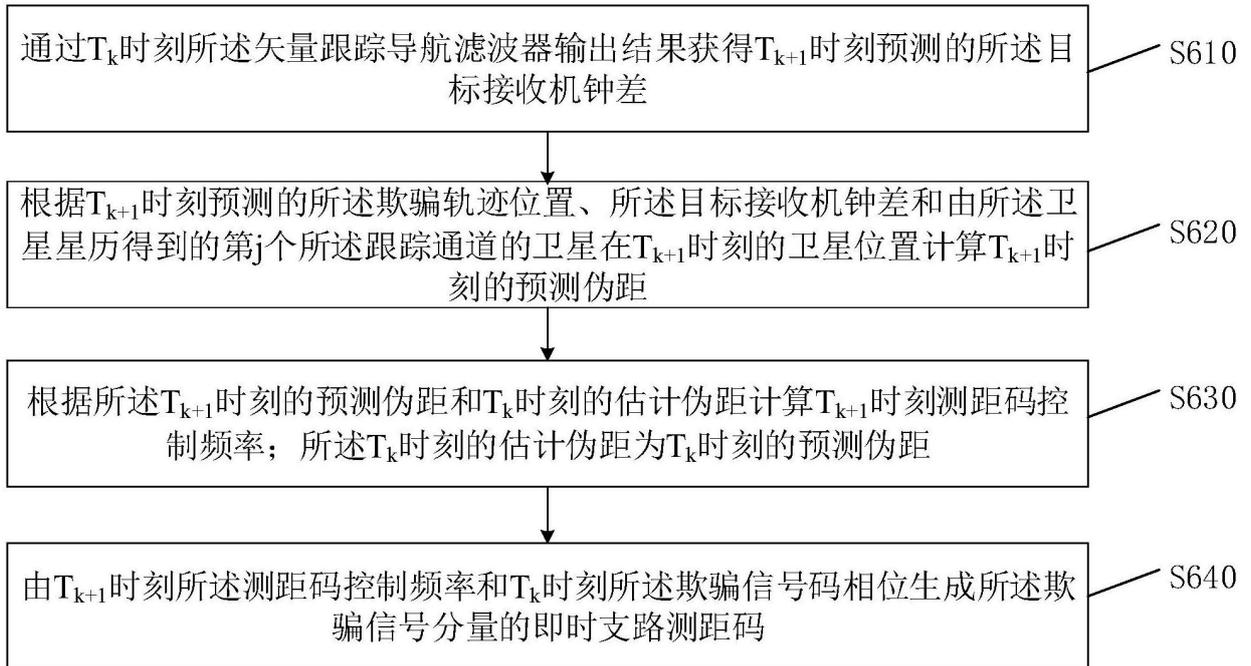


图6

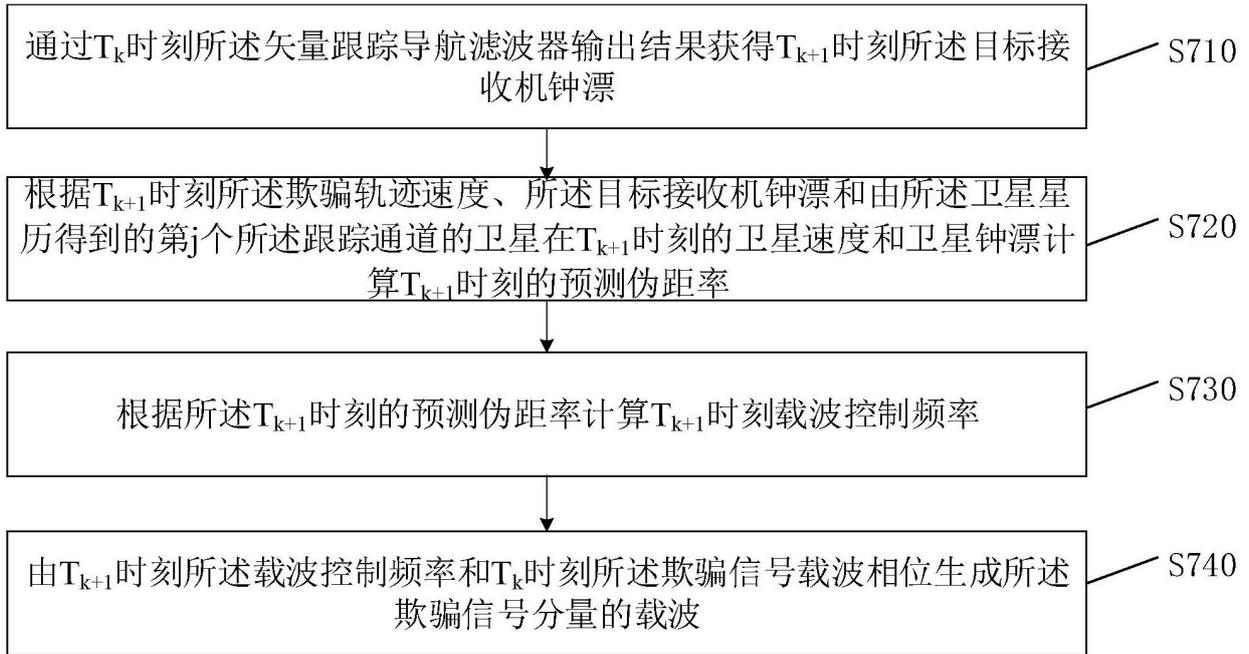


图7

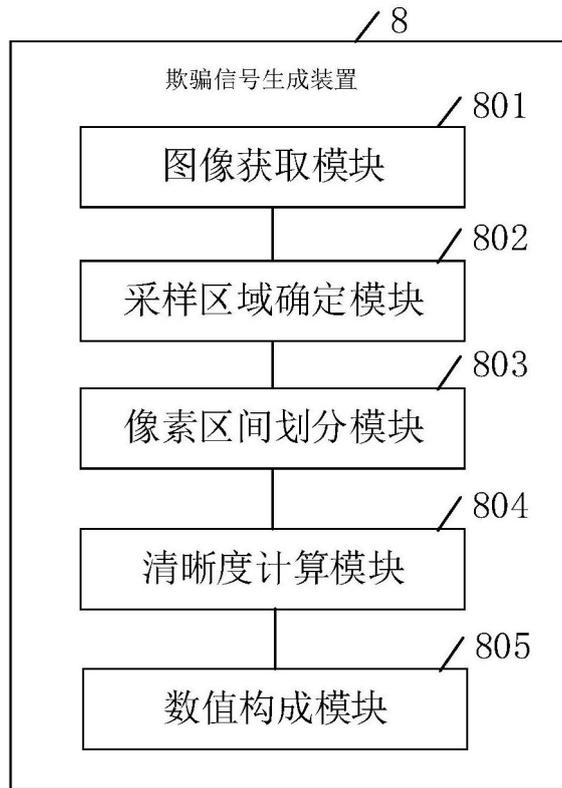


图8

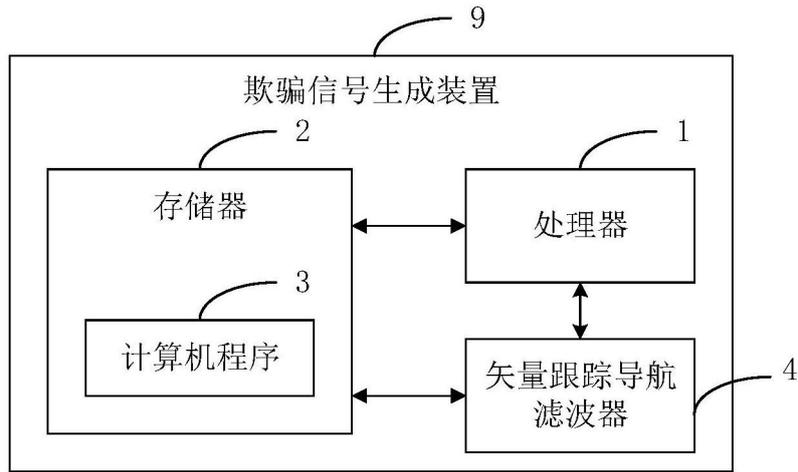


图9