



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106027138 A

(43)申请公布日 2016.10.12

(21)申请号 201610293756.9

(22)申请日 2016.05.05

(71)申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区北京市100084-82信箱

(72)发明人 靳瑾 晏坚 匡麟玲 向蕾 陆建华

(74)专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246

代理人 朱琨

(51)Int.Cl.

H04B 7/185(2006.01)

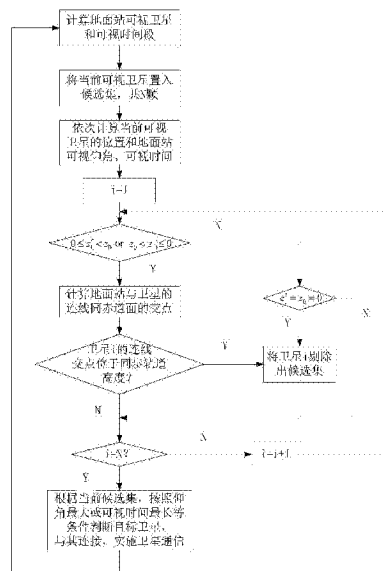
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

规避与同步卫星共线干扰的地面站系统及方法

(57)摘要

本发明属于卫星通信技术领域,尤其涉及一种通过切换卫星规避与同步卫星共线干扰的地面站系统及方法,系统由位于地球某一位置的地面站以及与其相连的非同步轨道卫星星座组成;地面站通过控制天线波束跟踪非同步轨道卫星星座中的某一颗卫星并与之建立通信链路;当地面站与某一颗非同步轨道卫星的连线指向同步轨道卫星时,地面站调整波束指向,选择视野中另一颗不同方向的非同步轨道卫星进行通信,避免发生与同步轨道卫星的共线干扰。本发明避免了非同步轨道卫星在共线干扰发生时需要关机或大幅降低发射功率的限制,地面站卫星通信保持连续,从而提升了非同步轨道卫星星座的可用性和通信容量,实现非同步轨道卫星与同步轨道卫星同频共存。



CN 106027138 A

1. 一种通过切换卫星规避与同步卫星共线干扰的地面站系统,其特征在于,由位于地球某一位置的地面站以及与其相连的非同步轨道卫星星座组成;

地面站通过控制天线波束跟踪非同步轨道卫星星座中的某一颗卫星并与其建立通信链路,实施卫星通信;当地面站与某一颗非同步轨道卫星的连线指向同步轨道卫星时,地面站调整波束指向,选择视野中另一颗不同方向的非同步轨道卫星进行通信,避免发生与同步轨道卫星的共线干扰。

2. 根据权利要求1所述系统,其特征在于,所述地面站包括卫星通信设备和可控制波束指向的天线,天线在超过最低可视仰角的范围内可任意调整指向。

3. 根据权利要求1所述系统,其特征在于,所述非同步轨道卫星星座由若干颗中轨或低轨通信卫星组成,其轨道高度低于同步卫星轨道高度,其轨道倾角不小于 10° ,在地面站可视区域内,沿南北向依次过境;任意两颗卫星的地心张角不低于 θ ,其中:

$$\theta = 2 \times \arccos\left(\frac{R_e}{R_e + H_g}\right) - \arccos\left(\frac{R_e}{R_e + H_1}\right) - \arccos\left(\frac{R_e}{R_e + H_2}\right)$$

R_e 为地球半径, H_g 为同步轨道高度, H_1 和 H_2 分别为两颗非同步轨道卫星的高度。

4. 根据权利要求1所述系统,其特征在于,所述非同步轨道卫星星座的构型在地面站所在区域被至少2颗非同步轨道卫星覆盖,即在地面站天线视野中,至少同时存在2颗非同步轨道卫星可用于通信;在地面站可视区域内,非同步轨道卫星沿南北向依次过境,对于地球上任意位置的地面站,与视野内各个卫星的连线不会同时处于赤道平面内。

5. 根据权利要求1所述系统,其特征在于,所述地面站可获取非同步轨道星座中各个卫星的星历并实时计算各个卫星的可视时间和空间位置,从而得到地面站与其视野中非同步轨道卫星连线穿越赤道面的位置。

6. 根据权利要求1所述系统,其特征在于,所述选择视野中另一颗不同方向的非同步轨道卫星进行通信的选择方法为:

首先确定当前时刻地面站视野中全部可视卫星和可视时间段,将全部可视卫星设为一个候选集;

然后对候选集内的卫星依次计算其在地心固连坐标系中的位置、地面站可视仰角和可视时间,并根据地面站在地球固连坐标系中的位置判断是否需要计算地面站与可视卫星之间的连线穿越赤道面的位置,如果不需要计算,说明卫星不与同步卫星产生共线干扰,保留在候选集中;如果需要计算,则计算地面站与可视卫星之间的连线穿越赤道面的位置,并判断穿越点是否位于同步卫星轨道高度范围,如果不属于该范围,保留卫星在候选集中;如果穿越点在同步卫星轨道高度范围内,则认为会发生共线干扰,将该卫星剔除出候选集;

最后经过对全部可视卫星的判断之后,得到最终用的候选集,依照地面站仰角最高或可视时间最长等标准选择目标卫星,与之连接实施卫星通信。

7. 一种通过切换卫星规避与同步卫星共线干扰的方法,其特征在于,包括:地面站通过控制天线波束跟踪非同步轨道卫星星座中的某一颗卫星并与其建立通信链路,实施卫星通信;当地面站与某一颗非同步轨道卫星的连线指向同步轨道卫星时,地面站调整波束指向,选择视野中另一颗不同方向的非同步轨道卫星进行通信,避免发生与同步轨道卫星的共线干扰。

8. 根据权利要求7所述方法,其特征在于,所述选择视野中另一颗不同方向的非同步轨道卫星进行通信的选择方法为:

首先确定当前时刻地面站视野中全部可视卫星和可视时间段,将全部可视卫星设为一个候选集;

然后对候选集内的卫星依次计算其在地心固连坐标系中的位置、地面站可视仰角和可视时间,并根据地面站在地球固连坐标系中的位置判断是否需要计算地面站与可视卫星之间的连线穿越赤道面的位置,如果不需要计算,说明卫星不与同步卫星产生共线干扰,保留在候选集中;如果需要计算,则计算地面站与可视卫星之间的连线穿越赤道面的位置,并判断穿越点是否位于同步卫星轨道高度范围,如果不属于该范围,保留卫星在候选集中;如果穿越点在同步卫星轨道高度范围内,则认为会发生共线干扰,将该卫星剔除出候选集;

最后经过对全部可视卫星的判断之后,得到最终用的候选集,依照地面站仰角最高或可视时间最长标准选择目标卫星,与之连接实施卫星通信。

规避与同步卫星共线干扰的地面站系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于卫星通信技术领域,尤其涉及一种通过切换卫星规避与同步卫星共线干扰的地面站系统及方法。

背景技术

[0002] 卫星移动通信系统由空间段、地面段和用户端组成。其中空间段指在轨卫星及其对地面实现的通信覆盖,地面段指关口站、网络控制中心以及卫星测控中心等所有地面站,用户端即卫星移动终端。卫星移动通信系统能够实现的覆盖范围远大于地面移动通信系统,适用于业务量稀少地区或地面通信系统不完善的地区,通信质量稳定可靠,但信号传输的延时大,频谱的利用率低。卫星移动通信系统与地面蜂窝系统相互补充,可为航空、航海业务以及地面行驶车辆等提供通信服务。

[0003] 按卫星轨道分类,卫星通信系统可分为同步轨道和非同步轨道卫星系统。位于地球上空三万六千公里左右高度的轨道、卫星运行周期与地球自转周期和方向相同的卫星称为地球同步轨道卫星。地球同步轨道卫星每天同一时间的星下点轨迹相同,覆盖面大,三颗卫星即可实现除两极外的全球覆盖,但由于轨道距离地球远,传输距离长、损耗大,需要较大的信号发射功率。常应用于通讯、遥感、广播、定位导航及数据中继等。非同步轨道卫星按轨道分为高轨、中轨和低轨,卫星通信系统中非同步轨道卫星主要以中低轨卫星为主,一般远低于同步轨道卫星的高度,易于实现移动通信,但覆盖范围小,通常由多颗卫星组成星座来构成移动通信系统。典型的中低轨道卫星通信系统如Inmarsat、奥德赛、铱星系统等。

[0004] 由于频率干扰等原因,地球同步轨道能够容纳的卫星资源有限。至2015年11月20日,在轨的地球静止轨道卫星共419颗,同步轨道拥挤不可避免。而对于中低轨道卫星,至2015年9月1日,在轨的低轨卫星共696颗,其中通信卫星229颗;中轨卫星共87颗,其中通信卫星13颗。对比于低轨卫星,中轨卫星的数量少得多,空间和频率资源相对不那么紧张。根据ITU规则,NGEO必须无条件避让同步卫星,因此中低轨道卫星需要解决的问题之一就是不能对同步卫星产生干扰。

[0005] 若中低轨卫星与同步卫星使用同一段频谱,且两者与地面站处于共线位置时,将会产生信号的干扰而无法正常工作。现有技术一般采取在产生干扰的区域星载发射机关机或降低功率的方式来避免对同步卫星的干扰。

发明内容

[0006] 针对上述背景技术中提到的问题,本发明提出了一种通过切换卫星规避与同步卫星共线干扰的地面站系统及方法,系统由位于地球某一位置的地面站以及与其相连的非同步轨道卫星星座组成;

[0007] 地面站通过控制天线波束跟踪非同步轨道卫星星座中的某一颗卫星并与之建立通信链路,实施卫星通信;当地面站与某一颗非同步轨道卫星的连线指向同步轨道卫星时,地面站调整波束指向,选择视野中另一颗不同方向的非同步轨道卫星进行通信,避免发生

与同步轨道卫星的共线干扰。

[0008] 所述地面站包括卫星通信设备和可控制波束指向的天线,天线在超过最低可视仰角的范围内可任意调整指向。

[0009] 所述非同步轨道卫星星座由若干颗中轨或低轨通信卫星组成,其轨道高度低于同步卫星轨道高度,其轨道倾角不小于 10° ,在地面站可视区域内,沿南北向依次过境;任意两颗卫星的地心张角不低于 θ ,其中:

$$[0010] \quad \theta = 2 \times \arccos\left(\frac{R_e}{R_e + H_g}\right) - \arccos\left(\frac{R_e}{R_e + H_1}\right) - \arccos\left(\frac{R_e}{R_e + H_2}\right)$$

[0011] R_e 为地球半径, H_g 为同步轨道高度, H_1 和 H_2 分别为两颗非同步轨道卫星的高度。

[0012] 所述非同步轨道卫星星座的构型在地面站所在区域被至少2颗非同步轨道卫星覆盖,即在地面站天线视野中,至少同时存在2颗非同步轨道卫星可用于通信;在地面站可视区域内,非同步轨道卫星沿南北向依次过境,对于地球上任意位置的地面站,与视野内各个卫星的连线不会同时处于赤道平面内。

[0013] 所述地面站可获取非同步轨道星座中各个卫星的星历并实时计算各个卫星的可视时间和空间位置,从而得到地面站与其视野中非同步轨道卫星连线穿越赤道面的位置。

[0014] 所述选择视野中另一颗不同方向的非同步轨道卫星进行通信的选择方法为:

[0015] 首先确定当前时刻地面站视野中全部可视卫星和可视时间段,将全部可视卫星设为一个候选集;

[0016] 然后对候选集内的卫星依次计算其在地心固连坐标系中的位置、地面站可视仰角和可视时间,并根据地面站在地球固连坐标系中的位置判断是否需要计算地面站与可视卫星之间的连线穿越赤道面的位置,如果不需要计算,说明卫星不与同步卫星产生共线干扰,保留在候选集中;如果需要计算,则计算地面站与可视卫星之间的连线穿越赤道面的位置,并判断穿越点是否位于同步卫星轨道高度范围,如果不属于该范围,保留卫星在候选集中;如果穿越点在同步卫星轨道高度范围内,则认为会发生共线干扰,将该卫星剔除出候选集;

[0017] 最后经过对全部可视卫星的判断之后,得到最终用的候选集,依照地面站仰角最高或可视时间最长等标准选择目标卫星,与之连接实施卫星通信。

[0018] 方法包括:地面站通过控制天线波束跟踪非同步轨道卫星星座中的某一颗卫星并与其建立通信链路,实施卫星通信;当地面站与某一颗非同步轨道卫星的连线指向同步轨道卫星时,地面站调整波束指向,选择视野中另一颗不同方向的非同步轨道卫星进行通信,避免发生与同步轨道卫星的共线干扰。

[0019] 所述选择视野中另一颗不同方向的非同步轨道卫星进行通信的选择方法为:

[0020] 首先确定当前时刻地面站视野中全部可视卫星和可视时间段,将全部可视卫星设为一个候选集;

[0021] 然后对候选集内的卫星依次计算其在地心固连坐标系中的位置、地面站可视仰角和可视时间,并根据地面站在地球固连坐标系中的位置判断是否需要计算地面站与可视卫星之间的连线穿越赤道面的位置,如果不需要计算,说明卫星不与同步卫星产生共线干扰,保留在候选集中;如果需要计算,则计算地面站与可视卫星之间的连线穿越赤道面的位置,并判断穿越点是否位于同步卫星轨道高度范围,如果不属于该范围,保留卫星在候选集中;如果穿越点在同步卫星轨道高度范围内,则认为会发生共线干扰,将该卫星剔除出候选集;

[0022] 最后经过对全部可视卫星的判断之后,得到最终用的候选集,依照地面站仰角最高或可视时间最长标准选择目标卫星,与之连接实施卫星通信。

[0023] 本发明的有益效果在于:本发明所述的地面站系统,通过配套设计的非同步轨道通信卫星星座,使得地面站通过切换卫星回避与同步卫星的共线干扰。避免了非同步轨道卫星在共线干扰发生时需要关机或大幅降低发射功率的限制,地面站卫星通信保持连续,从而提升了非同步轨道卫星星座的可用性和通信容量,实现非同步轨道卫星与同步轨道卫星同频共存。

附图说明

[0024] 图1是本发明实施实例提供的t0时刻地面站、非同步轨道卫星星座和同步轨道卫星的相对位置示意图;

[0025] 图2是本发明实施实例提供的t1时刻地面站、非同步轨道卫星星座和同步轨道卫星的相对位置示意图;

[0026] 图3是本发明实施实例提供的t2时刻地面站、非同步轨道卫星星座和同步轨道卫星的相对位置示意图;

[0027] 图4是本发明实施实例提供的同步轨道卫星视野下非同步轨道卫星地心张角示意图;

[0028] 图5是本发明实施实例提供的计算地面站、非同步轨道卫星的连线穿越赤道面的位置示意图;

[0029] 图6是本发明实施实例提供的地面站选择用于实施卫星通信的非同步轨道卫星的流程示意图;

具体实施方式

[0030] 下面结合附图,详细说明实施方案。

[0031] 本发明实例主要面向非同步轨道卫星星座通信,提出的地面站方案主要解决现有技术中为降低与同步轨道卫星共线干扰,需要对非同步轨道卫星实施关机或降低发射功率的问题,从而避免了非同步轨道卫星在穿越赤道时降低或失去通信能力,卫星通信保持连续,实现非同步轨道卫星与同步轨道卫星同频共存。系统实施技术的复杂度和建设成本较低,利于非同步轨道卫星星座的实施和推广。

[0032] 实施实例:

[0033] 图1-图3给出了本发明实施实例提供的地面站、非同步轨道卫星星座和同步轨道卫星的相对位置示意图,其中带箭头实线表示实时通信链路,虚线表示地面站到同步轨道卫星的连线,无箭头实线表示非同步轨道卫星的轨道。详述如下:

[0034] 本发明的实施所述系统为位于地面某一位置的地面站。地面站可通过控制天线波束跟踪非同步轨道卫星星座中的某一颗卫星,如图1中的卫星a,并与其建立通信链路,实施卫星通信。指向非同步轨道卫星的天线波束在超过最低可视仰角的范围内可任意调整指向。当地面站与非同步轨道卫星的连线指向同步轨道卫星时,如图2中地面站、卫星a与同步轨道卫星的相对关系,地面站调整波束指向,跟踪视野中另一颗不同方向的非同步轨道卫星,如图2中卫星b,避免发生与同步轨道卫星的共线干扰。一段时间后,卫星c进入地面站视野,当

卫星b沿轨道运行到地面站与同步卫星连线时(如图3),地面站可选择切换至卫星c继续实施卫星通信。

[0035] 与同步卫星的共线干扰满足下列条件:a)地面站与非同步轨道卫星之间的通信频段,同步轨道卫星与其地面站之间的通信频段,这两个频段完全或部分重叠;b)地面站与非同步轨道卫星之间的连线,地面站与同步轨道卫星之间的连线,这两条连线之间的夹角小于某一给定的阈值,该阈值由地面站天线波束主瓣张角确定,通常小于 2° 。

[0036] 为保证地面站可通过跳星的方式避免与同步轨道卫星共线干扰,需要非同步轨道卫星星座满足以下特征:a)非同步轨道卫星星座由若干颗中轨或低轨通信卫星组成,其轨道高度低于同步卫星轨道高度,其轨道倾角不小于 10° 。星座中任两颗卫星的地心张角不低于 θ ,其中:

$$\theta = 2 * \arccos\left(\frac{R_e}{R_e + H_g}\right) - \arccos\left(\frac{R_e}{R_e + H_1}\right) - \arccos\left(\frac{R_e}{R_e + H_2}\right),$$

轨道高度, H_1 和 H_2 分别为非同步轨道卫星的高度。b)非同步轨道卫星星座的构型在地面站所在区域被至少2颗非同步轨道卫星覆盖,即在地面站天线视野中,至少存在2颗非同步轨道卫星可用于通信。

[0037] 在图4中可见 $\theta = \theta_1 + \theta_2$, $\theta_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 为第*i*颗卫星穿越同步轨道卫星地面覆盖范围的弧段所对应的地心张角的一半。由于任两颗卫星的地心张角不低于 θ ,地面站与其视野内各个卫星的连线之间的夹角也大于 θ 。从图4中可见,在同一颗同步卫星对地面的视野内,可保证最多出现1颗非同步轨道卫星,避免了多颗非同步轨道卫星对1颗同步轨道卫星同时发生共线干扰的情况。

[0038] 由于非同步轨道卫星的倾角不小于 10° ,在地面站可视区域内,卫星沿南北向依次过境,对于地球上任意位置的地面站,与视野内各个卫星的连线不会同时处于赤道平面内。避免了多颗非同步轨道卫星对多颗同步轨道卫星同时发生共线干扰的情况。

[0039] 这样,就保证了地面站视野中至少有2颗可用的非同步轨道卫星,地面站与这些可用卫星之间的连线,至少存在1条连线不对同步轨道卫星产生共线干扰。地面站可选择这条连线实施卫星通信。

[0040] 从地面站运行而言,本发明实施实例所述的地面站可通过预先计算、实时信令等方式获取非同步轨道星座中各颗卫星的星历并计算各颗卫星的可视时间和空间位置。进一步的,所述地面站可获取非同步轨道星座中各个卫星的星历并实时计算各个卫星的可视时间和空间位置,从而得到地面站与其视野中非同步轨道卫星连线穿越赤道面的位置。计算方法为:假设地面站F在地心固连坐标系下的坐标为 $[x_0 \ y_0 \ z_0]$,在时刻*t*时,非同步轨道卫星 $S_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 在地心固连坐标系下的坐标为 $[x_1^t \ y_1^t \ z_1^t]$,则如图5所示,对于 $z_0 \neq z_1^t$ 的情况,当满足以下条件时:

$$[0041] \quad 0 \leq z_1^t < z_0, \text{ 或 } z_0 < z_1^t \leq 0$$

[0042] 计算地面站与非同步轨道卫星的连线穿越赤道面时的位置 $[x_2 y_2 z_2]$ 为:

$$[0043] \begin{cases} x_2 = \frac{x_1 z_0 - x_0 z_1}{z_0 - z_1} + x_0 \\ y_2 = \frac{y_1 z_0 - y_0 z_1}{z_0 - z_1} + y_0 \\ z_2 = 0 \end{cases}$$

[0044] 进一步,计算穿越点的高度 $H_2 = \sqrt{x_2^2 + y_2^2}$, 当 $H_2 \in [39000 \ 44000]$ km 时, 认为地面站与非同步轨道卫星的连线会指向同步轨道高度, 可能产生共线干扰。

[0045] 对于 $z_0 = z_1^i$ 的情况, 若地面站不位于赤道附近, 则地面站与非同步轨道卫星的连线不穿过赤道平面, 不会与同步轨道卫星产生共线干扰。若地面站位于赤道附近, 则地面站与非同步轨道卫星的连线将会指向赤道上方同步轨道的位置, 可能产生共线干扰。

[0046] 对于以上两种可能产生共线干扰的情况, 应根据选择策略, 切换至地面站视野中另外一颗非同步轨道卫星, 实施卫星通信。

[0047] 选择策略的判断流程如图6所示。首先确定当前时刻地面站视野中全部可视卫星和可视时间段, 将全部可视卫星设为一个候选集。对候选集内的卫星, 依次计算其在地心固连坐标系中的位置、地面站可视仰角和可视时间, 并根据地面站在地球固连坐标系中的位置判断是否需要计算地面站与可视卫星之间的连线穿越赤道面的位置, 如果不需要计算, 说明卫星不与同步卫星产生共线干扰, 保留在候选集中。如果需要计算, 则计算地面站与可视卫星之间的连线穿越赤道面的位置, 并判断穿越点是否位于同步卫星轨道高度范围, 如果不属于该范围, 保留卫星在候选集中。如果穿越点在同步卫星轨道高度范围内, 则认为会发生共线干扰, 将该卫星剔除出候选集。经过对全部可视卫星的判断之后, 得到最终用的候选集, 依照地面站仰角最高或可视时间最长等标准选择目标卫星, 与之连接实施卫星通信。

[0048] 进一步的, 根据预定的选择策略, 地面站选择其视野中的某一颗非同步轨道卫星, 实施卫星通信。

[0049] 此实施例仅为本发明较佳的具体实施方式, 但本发明的保护范围并不局限于此, 任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内, 可轻易想到的变化或替换, 都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此, 本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

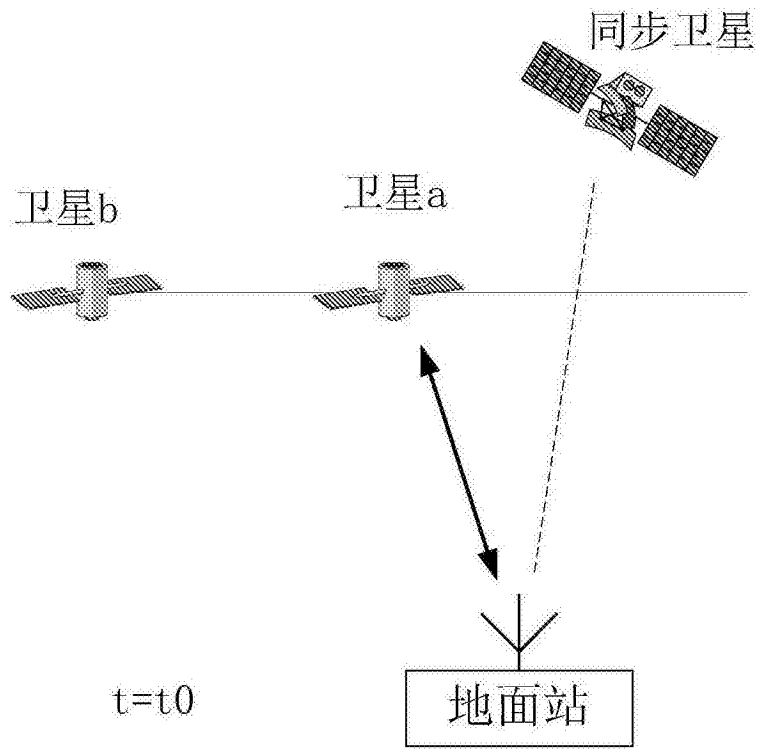


图1

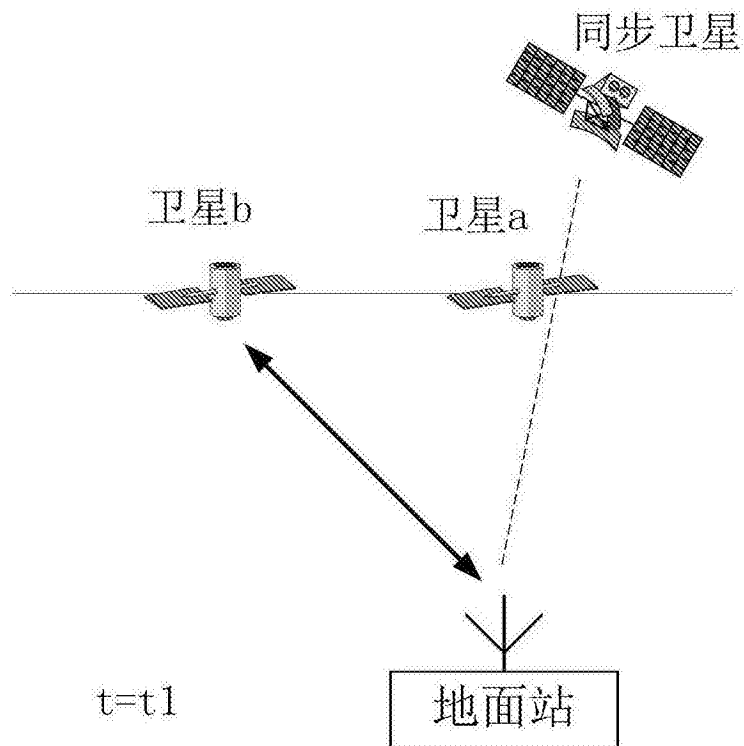


图2

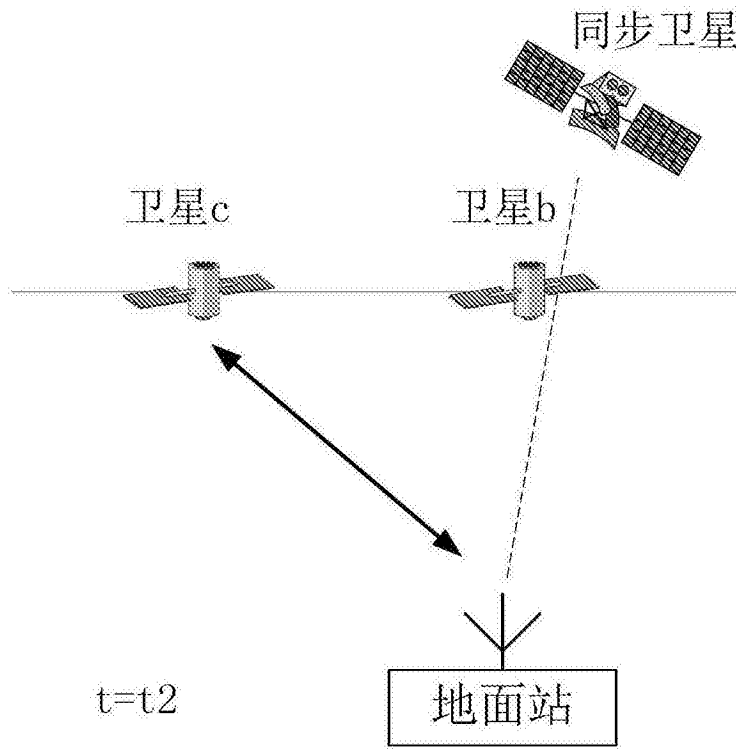


图3

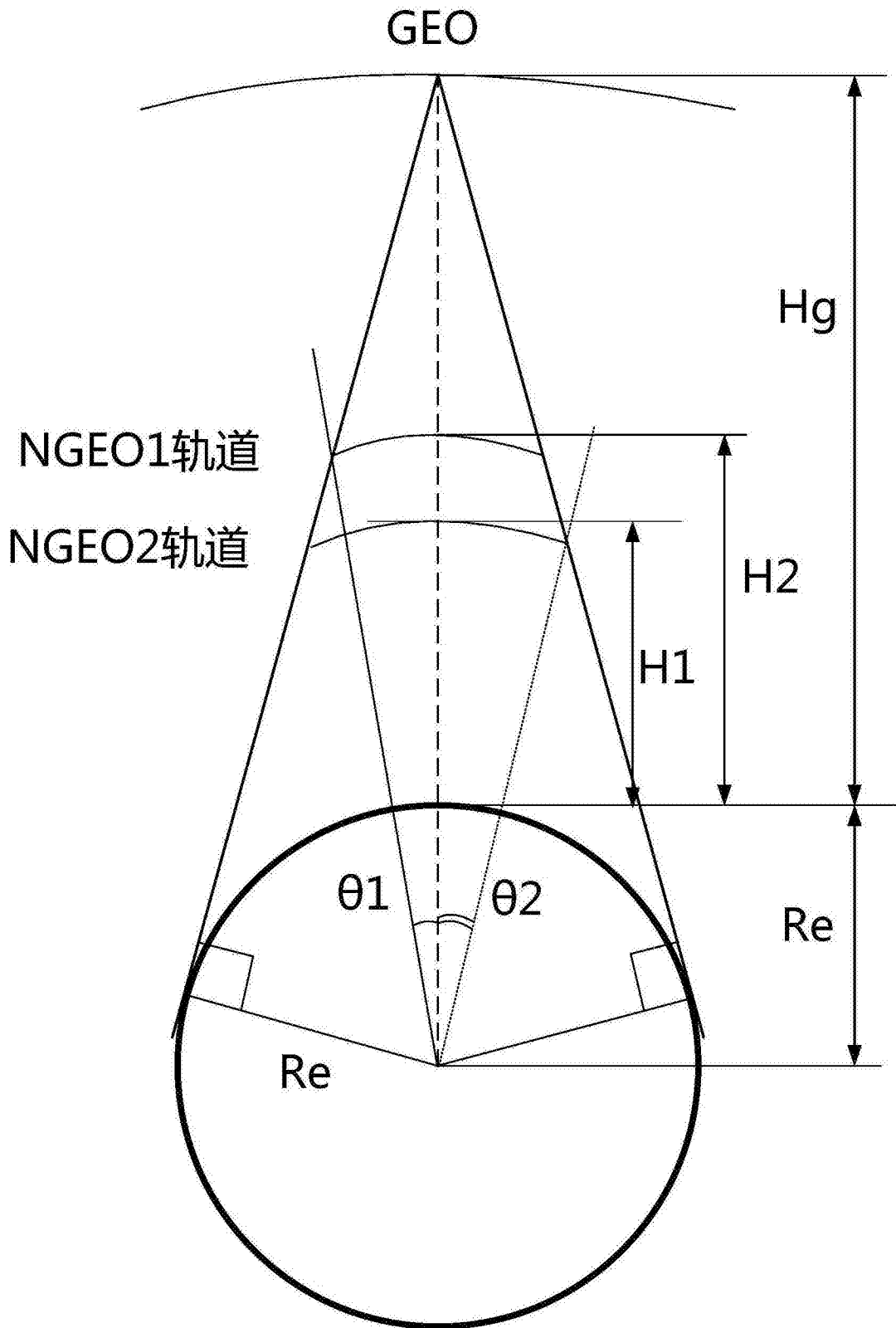


图4

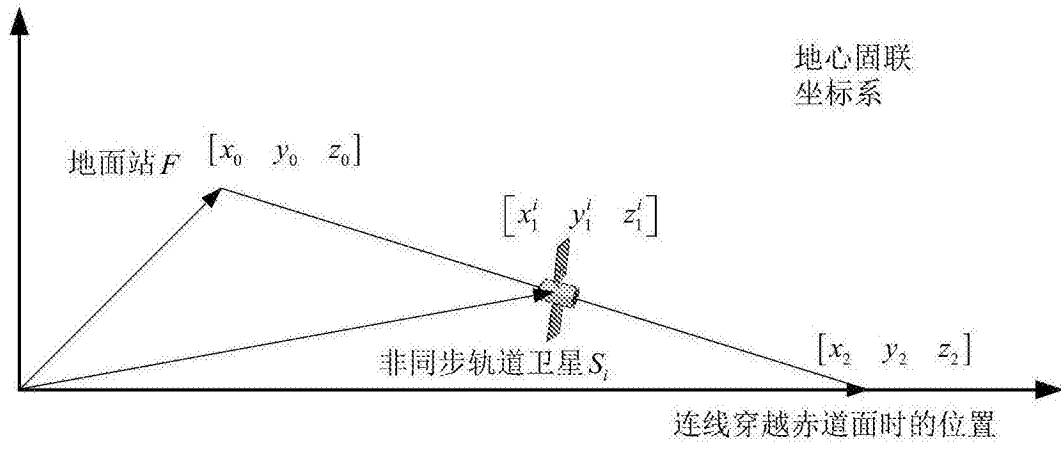


图5

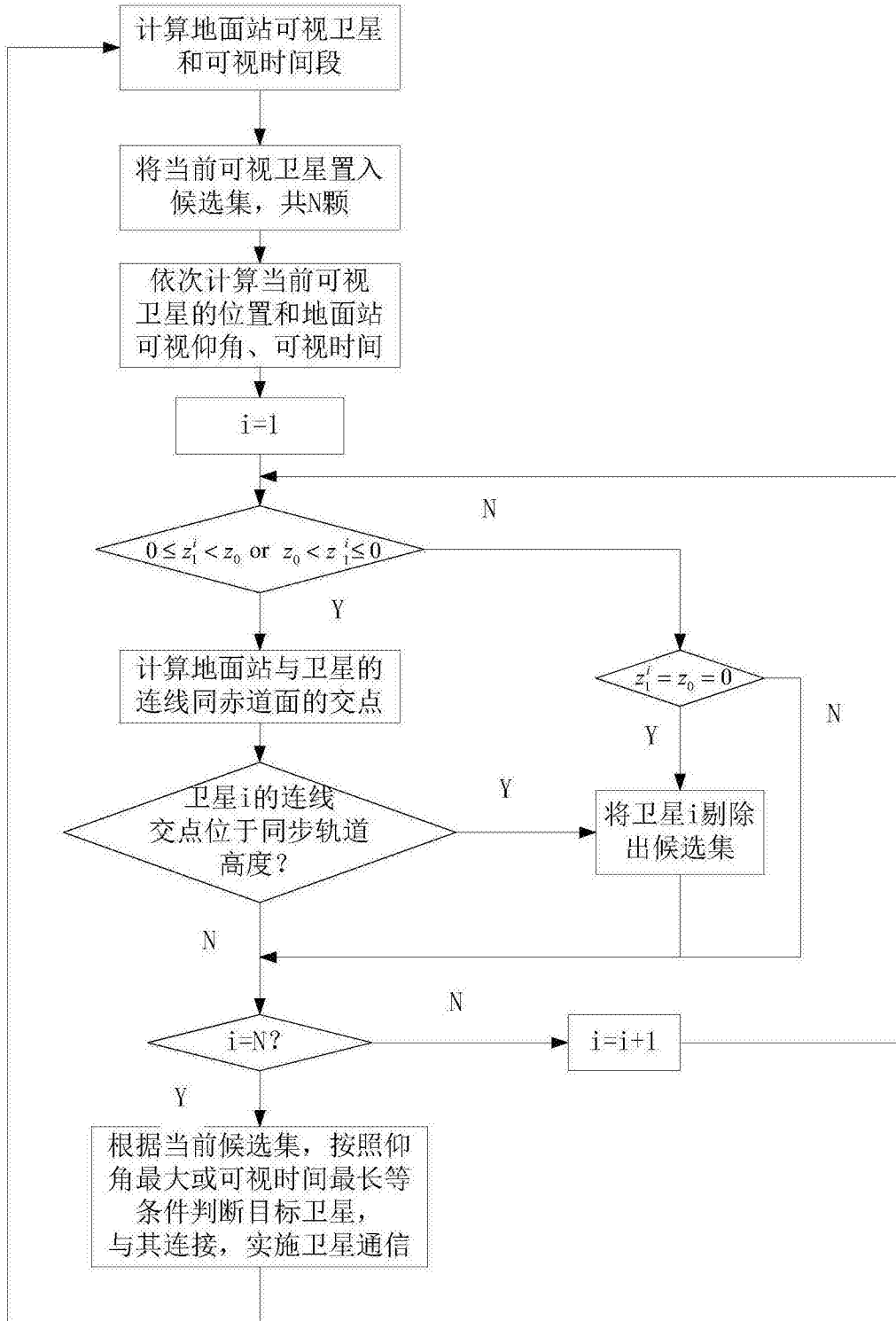


图6