

共位卫星间的射频干扰分析

刘景勇 李燕宁
(北京航天飞行控制中心)

摘要 在地球静止轨道卫星之间,特别是共位卫星,不可避免地会产生相互干扰。从共位卫星同频干扰原理出发,指出同频干扰存在的条件,并通过有关数据给出了干扰发生的时间。

关键词 射频干扰 共位 张角

1 引言

20 世纪 70 年代末期,国外首次提出地球静止轨道卫星的多星共位技术(即双星或者多星在同一经度保持范围内($\pm 0.1^\circ$)运行)。进入 90 年代以来,随着同步卫星轨道资源的日益紧缺,部分国家开始将一点双星乃至多星技术应用到通信卫星领域,但在一点双星和一点多星的共位中,不可避免地存在同频干扰;任何共位策略在保证避免碰撞的基础上,还要尽量避免射频干扰。因此,很有必要对射频问题加以研究,以对共位卫星有效地避免射频干扰提供一定的借鉴作用。

2 共位卫星的相对运行方程

对于地球静止轨道卫星,运动特性用以下 6 个参数来描述:

$$\text{平经度漂移率 } D \quad D = -\frac{3(-a-a_s)}{2a_s}$$

$$\text{偏心率矢量: } \vec{e} = \begin{pmatrix} e_x \\ e_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e \cos(\Omega + \omega) \\ e \sin(\Omega + \omega) \end{pmatrix}$$

$$\text{倾角矢量: } \vec{i} = \begin{pmatrix} i_x \\ i_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} i \cos \Omega \\ i \sin \Omega \end{pmatrix}$$

平赤经: $L = \Omega + \omega + M$ 。

a ——卫星轨道半长轴;

e ——卫星轨道偏心率;

i ——卫星轨道倾角;

Ω ——卫星轨道升交点赤经,

ω ——卫星近地点幅角,

M ——卫星平近点角,

a_s ——地球静止轨道半长轴。

记两星之间的偏心率矢量差

$$\Delta \vec{e} = \begin{pmatrix} \Delta e_x \\ \Delta e_y \end{pmatrix} = |\Delta \vec{e}| \begin{pmatrix} \cos \varphi_e \\ \sin \varphi_e \end{pmatrix}$$

$$\text{倾角矢量差 } \Delta \vec{i} = \begin{pmatrix} \Delta i_x \\ \Delta i_y \end{pmatrix} = |\Delta \vec{i}| \begin{pmatrix} \cos \varphi_i \\ \sin \varphi_i \end{pmatrix}$$

则共位的任意两颗卫星间运动方程为:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{2}{3} \Delta D - |\Delta \vec{e}| \cos(L - \varphi_e) \\ \Delta \lambda + 2 |\Delta \vec{e}| \sin(L - \varphi_e) \\ |\Delta \vec{i}| \sin(L - \varphi_i) \end{pmatrix}$$

式中: $\Delta \lambda$ ——平经度差;

φ_e ——两共位卫星偏心率矢量间的夹角;

φ_i ——两共位卫星倾角矢量间的夹角。

3 产生同频干扰的原理

在不考虑两个共位卫星漂移率和平经度差值的条件下,其隔离距离变为:

$$x = -a_s |\Delta \vec{e}| \cos(L - \varphi_e), x: \text{共位卫星的径向隔离距离}$$

$$y = 2a_s |\Delta \vec{e}| \sin(L - \varphi_e), y: \text{共位卫星的切向隔离距离}$$

$$z = a_s |\Delta \vec{i}| \sin(L - \varphi_i), z: \text{共位卫星的法向隔离距离}$$

由上面公式可知：

当 $\Delta \dot{e} // \Delta \dot{i}$ ，这时相对运动轨迹在切向和法向的平面上的投影为一直线，如图 1 所示，这导致相互遮挡的可能性很大，给测控、通信都带来一定影响。

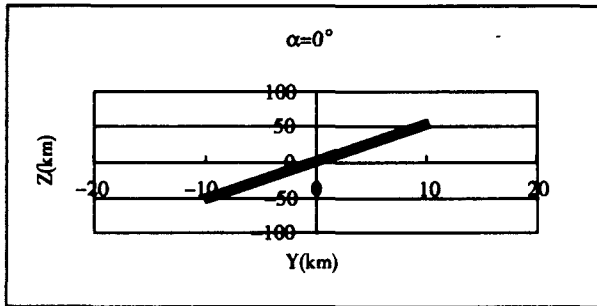


图 1 $\Delta \dot{e} // \Delta \dot{i}$ 切向、法向图

反之，则相对运动轨迹在切向和法向的平面上的投影为椭圆，如图 2 所示，这能有效避免相互遮挡。

通过以上分析可以看出，在共位卫星群中发生射频干扰的因素是 $\Delta \dot{e}$ 与 $\Delta \dot{i}$ 平行。

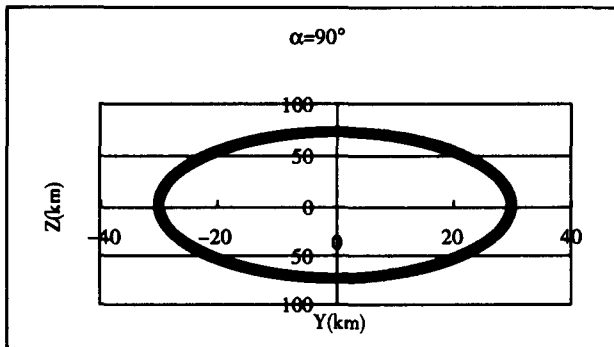


图 2 $\Delta \dot{e} \perp \Delta \dot{i}$ 切向、法向图

4 射频干扰分析

为了更好地说明共位卫星中射频干扰问题，下面通过有关数据举例说明这一问题。

4.1 双星轨道根数

表 1(1) 卫星轨道根数

历元时刻	$a(m)$	e	$i(^{\circ})$	$\Omega(^{\circ})$	$\omega(^{\circ})$	$M(^{\circ})$
2006-11-10 09:25:00	42165371.49	0.000405684	0.052678	289.998	310.598	60.455

表 1(2) 卫星轨道根数

历元时刻	$a(m)$	e	$i(^{\circ})$	$\Omega(^{\circ})$	$\omega(^{\circ})$	$M(^{\circ})$
2006-11-02 11:00:00	42164552.3512	0.0007943712	0.1643146	192.137	357.870	126.926

双星轨道根数如表 1 所示。

4.2 双星间切向、法向图

双星间切向、法向图如图 3 所示。

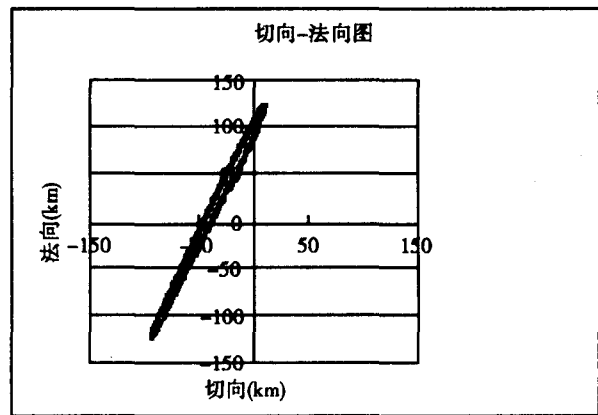


图 3 双星间切向-法向图($\Delta \dot{e} // \Delta \dot{i}$)

4.3 两颗卫星对地面站天线张角

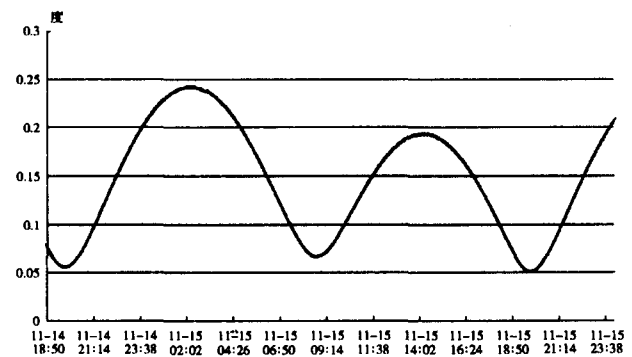


图 4 双星对地面站天线的张角图

图 4 给出两颗卫星对地面站天线的张角，此张角即为卫星 1—地面站—卫星 2 之间的空间角度，本文中记卫星 1 对地面站的方位、俯仰角分别为 A_1, E_1 ，记卫星 2 对地面站的方位、俯仰角分别为 A_2, E_2 ，根据球面三角公式，其张角为：

$$\arccos[\sin(E_1) \cdot \sin(E_2) + \cos(E_1) \cdot \cos(E_2) \cdot \cos(A_1 - A_2)]$$

从图 4 可以看出,当双星对地面站天线的张角处在远远小于地面站天线半功率波束宽度的时间段内,地面站对某一颗卫星有上行信号,就会发生射频干扰,因此,每天内将有两个时间段最有可能发生射频干扰。

5 结束语

综上所述,对于共位卫星来说,发生射频干扰的条件是 $\Delta e // \Delta i$,在这种情况下,从地面站看两颗卫星时,其相对运行轨迹对地面站相当于一 条直线,这将会使得在一定的运行时段内,其张角的大小与天线

的地面站半功率波束宽度(13m 天线 C 波段天线的半功率波束宽度为 0.27°)相比较小,此时,如果地面站对某一颗卫星有上行信号时,可能同时也发送到其共位的卫星上去,这时就最有可能发生射频干扰,并且每天当中有两个时间段内存在这种条件。◇

参 考 文 献

[1] Lindsay Pattinson. EUTELSAT SATELLITE COLLOCATION [J]. AIAA.1996:557-565
 [2] Erik Mattias Soop. Handbook of Geostationary Orbits. Holland. Kluwer&Microcosm.1994

(上接第 47 页)

表 1 构件管理描述表

字段	简介
构件代号	纪录统一定义的构件代号
构件描述	描述构件功能和适用范围
加载路径	存储构件库中各构件加载的路径
数据收接口	描述构件处理数据来源和处理接口
数据发接口	描述构件处理数据后发送的目标和处理接口

表 2 构件接口管理描述表

字段	简介
接口代号	纪录统一定义的接口代号
接口描述	描述接口实现功能和适用范围
信息类别码	存储该接口处理的信息类别码
信息长度标志	描述该接口处理的信息长度是否可变
最大长度	存储该接口处理的长度
关联设备	描述构件处理数据后发送的目标设备
处理函数	描述进行该数据处理可以采用的函数

件库以及构件之间的接口形式,可以管理构件库和功能范围,使得接口灵活,构造适应不同需求的测控软件系统。

5 结束语

面向构件的系统架构设计,在分系统不断更新

的情况下,很容易升级和维护。在建立构件对象模型后,每个构件在保证标准接口的基础上,可以单独开发,单独编译,甚至单独调试和测试。通过构件的属性修改或构件的重组,方便地实现新的测控系统的开发。

软件复用是提高软件开发生产率和软件产品质量的一条有效途径,使用可复用构件技术是软件成熟的关键。本文将构件库设计与海上测控任务实际要求相结合,搭建整个系统的构件框架结构,描述系统和接口关系,并增强了各构件的可复用性。目前该架构设计技术已经在一系列任务软件开发中得到了充分应用,对提高质量和效率具有十分重要的意义。◇

参 考 文 献

[1] Erich Gamma.设计模式-可复用面向对象软件的基础[M].北京:机械工业出版社,2000.
 [2] Joshua Kerievsky.重构与模式[M].北京:人民邮电出版社,2006.
 [3] Mary Kirtland.基于组件的应用程序设计[M].北京:北京大学出版社,1999.
 [4] Dale Rogerson.COM 技术内幕[M].北京:清华大学出版社.1999.
 [5] 曹旻,王燕燕,吴耿锋.可重用的软件体系结构描述方法[J].计算机工程与应用.2005,15.
 [6] 王珉,吴广茂,韩联庆.基于组件开发的并行过程模型研究[J].航空计算技术.2006,1.
 [7] 陈刚,王元元.HLA 基于 COM 的对象模型实现和重用技术研究[J].系统仿真学报.2003.
 [8] 杨晓京,陈子辰.软件重用技术在开放式数控系统开发中的应用研究[J].机床与液压.2007,7