

Treball final de grau

Estudi: Grau en Tecnologies Industrials

Títol: Anàlisi sobre l'estabilitat dels amarratges espacials

Document: Resum

Alumne: Cristina Castillo Cañabate

Director/tutor: Esther Barrabes Vera

Departament: Informàtica, Matemàtica Aplicada i Estadística

Àrea: Matemàtica Aplicada

Convocatòria (mes/any): 02/2016

Resum

Antecedents, objecte i abast del treball

Des de fa unes dècades, el concepte de tether ha despertat gran interès en l'àmbit de l'exploració espacial. Això és degut a que els tethers poden ser utilitzats per satisfer moltes funcions diferents amb un pressupost molt reduït.

Conceptualment, definim un tether com una amarra que uneix dos o més cossos perquè orbitin conjuntament. Aquests poden ser de molts materials i tenir geometries diferents. L'aplicació més rudimentària és actuar de corda salvavides pels astronautes durant els passejos espacials. Una aplicació de gran interès que s'està estudiant actualment és la de reduir la quantitat de deixalles espacials ja que són un problema a causa de la seva gran abundància. El ventall de possibles aplicacions que ofereixen els tethers és molt extens i dissenyar-ne un correctament per que realitzi la seva tasca amb eficàcia, requereix d'un anàlisi i una planificació molt estrictes degut a la precisió necessària en els càlculs.

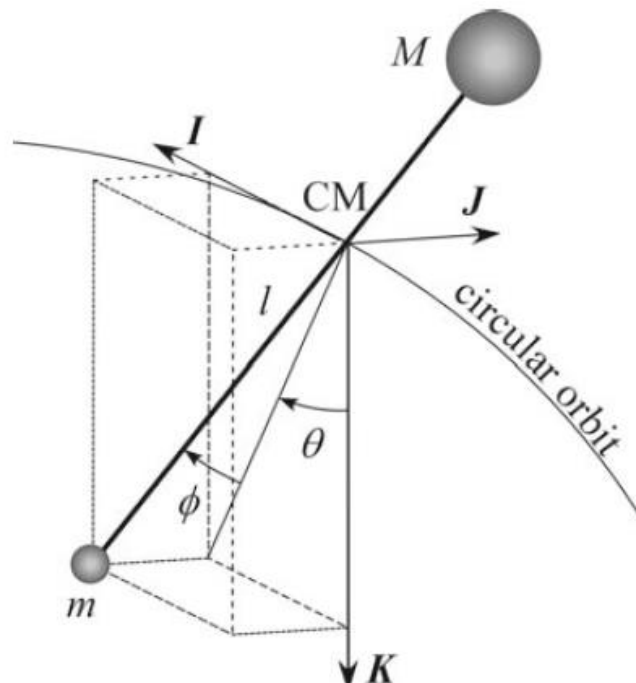


Figura 1: representació d'un tether en un cas general.

En aquest treball estudiarem tres models matemàtics que simulen el comportament d'un tether.

Un concepte clau d'aquest treball és el d'estabilitat d'un tether. El concepte d'estabilitat variarà per a cada model, però essencialment definim com a estable un comportament intern del tether que no sigui caòtic. Per analitzar l'estabilitat, descomponem el moviment del tether en dos: la trajectòria que segueix a l'orbitar al voltant de la Terra i el desplaçament dels cossos extrems respecte el seu centre de masses. Aquest segon moviment és el que s'utilitza per estudiar l'estabilitat dels tethers i serà l'objecte d'estudi en aquest treball.

S'anomena *Tethered Satellite System* (d'ara endavant TSS) el conjunt del tether i els cossos que hi estan connectats.

Els models que estudiarem són:

- 1) El model simplificat d'un tether al pla. Aquest model permet estudiar el comportament dinàmic d'un tether que es mou en un espai bidimensional. Amb aquest model pretenem entendre els principis bàsics que regeixen el moviment dels TSS i la importància d'una tria adequada dels materials emprats en la fabricació dels tethers. Estudiarem com varia el comportament del tether en funció del material del que està fet. En aquest sentit, no volem comprovar la factibilitat de l'ús dels materials per a la aplicació en tethers sinó avaluar la contribució del mòdul elàstic en la resposta dinàmica del tether.
- 2) El model ampliat d'un tether a l'espai. Aquest model permet estudiar el comportament dinàmic d'un tether que es mou en un espai tridimensional. Aquest model és més realista que l'anterior i pretenem estudiar la seva estabilitat. Pretenem trobar condicions inicials del tether per garantir l'estabilitat a través d'estudiar els punts d'equilibri.
- 3) El model d'un tether electrodinàmic. Aquest model permet estudiar el comportament d'un tether conductor de corrent elèctric i sotmès a l'acció del parell de Lorenz. Amb aquest model estudiarem l'estabilitat del tether en funció de la inclinació de l'òrbita que segueix, la magnitud del parell de Lorenz i les condicions inicials des de les que parteix el tether. Volem estudiar quines condicions inicials afecten a l'estabilitat a curt termini del tether i en quina mesura ho fan.

Al llarg d'aquest treball estudiarem l'estabilitat dels tethers. Cal dir que no pretenem donar instruccions exactes per aconseguir l'estabilitat d'un tether concret, sinó que pretenem explicar els conceptes que permetin entendre el comportament dinàmic dels tethers.

Resultats i conclusions

La dinàmica dels TSS és complexa i pot ser estudiada amb molts models matemàtics diferents, depenent del tipus de tether a estudiar i del grau de exactitud que es vulgui aconseguir. Així, els models més simples són útils per estudiar el comportament dels tethers per períodes de temps petits. Si volem analitzar el comportament d'un TSS de manera més precisa, però, haurem fer ús de models més elaborats.

El model simplificat d'un tether al pla ha servit essencialment per entendre la dinàmica interna d'un tether, assolint així els conceptes bàsics per poder entendre els models més complexos. A més, hem observat que tant la màxima variació de la distància entre els dos cossos extrems com el període del moviment del tether disminueixen a mesura que el mòdul de Young del material del tether augmenta. Això fa que materials experimentals com els nano tubs de carboni siguin de gran interès.

Amb el model ampliat d'un tether a l'espai hem il·lustrat el comportament del TSS per condicions inicials properes als punts d'equilibri fent ús dels valors propis i els vectors propis del sistema en aquells punts. Així, hem observat la existència de punts estables i altres inestables. Un TSS situat sobre un punt estable haurà de fer ús de sistemes de control de l'estabilitat.

Amb el model d'un tether electrodinàmic hem analitzat la influència de les variables ε , i i θ en l'estabilitat de les òrbites periòdiques. En primera aproximació podem concloure que el paràmetre que més influeix en desestabilitzar el TSS és ε , que mesura la influència del parell de Lorenz en el comportament del sistema. Així, per valors elevats de ε serà molt difícil mantenir el TSS estable, sent molt necessària la introducció de mesures de control de l'estabilitat. Per altra banda, la variable i resulta poc rellevant en la estabilitat del TSS.