**FSR HOMEWORK 4 2024**

**STUDENTE:** PAOLO MAISTO

**MATRICOLA:** P38000191

**Exercise 1:**

CLAUDIO:

Mentre immerso in un fluido e sotto l'effetto della gravità, un corpo rigido è sottoposto a un

effetto idrostatico chiamato galleggiabilità.

Il principio di Archimede afferma che un oggetto, parzialmente o interamente immerso in un fluido, è

sostenuto da una forza pari al peso del fluido spostato dall'oggetto. Nelle formule

la galleggiabilità è la seguente:

b = ρΔ g (1)

Dove ρ è la densità del fluido (ovviamente per la robotica subacquea assumiamo che il fluido

essere acqua), Δ è il volume della parte sommersa del corpo, e quindi il volume del

fluido che è spostato, mentre g = [0 0 g]T è l'accelerazione di gravità messa in una forma vettoriale.

A differenza della forza di gravità, che agisce sul centro di massa di un corpo, la forza di galleggiabilità fb

b

agisce sul centro del corpo di galleggiamento rb

b, che è il centro geometrico del sommerso

parte del corpo.

fb

b = RT

b





0

0

ρΔg



(2)

Nella robotica subacquea le forze di gravità e di galleggiabilità sono spesso considerate insieme

gb

rb forze di ripristino (nell'equazione (3) consideriamo effettivamente le chiavi) nel telaio del corpo,

poiché sono entrambe le forze che sono sempre applicate al robot e sono indipendenti dalla sua

movimento.

In un telaio ENU otteniamo:

gb

rb =

fb

g + fb

b

S(rb

c)fb

g + S(rb

b)fb

b

(3)

Dove fb

g è la forza di gravità e rb

c è la posizione del centro di massa.

Poiché queste forze sono applicate su due punti diversi, che non sono sempre allineati sul

stesso asse verticale, possono generare una coppia che fa ruotare l'UUV.

L'effetto di galleggiabilità è importante nella robotica subacquea ed è invece trascurato in aereo

robotica perché, come l'equazione (1) mostra, dipende dalla densità del fluido ρ, e la

densità dell'acqua è paragonabile alla densità di un UUV, mentre la densità dell'aria è trascurabile

rispetto alla densità di un UAV.

MAZZERA:

Un corpo parzialmente o totalmente immerso in un fluido sotto l'effetto della gravità è soggetto a due forze:

• Forza gravitazionale fgb: questa forza è diretta verso il basso, agisce sul centro di massa ed è caratterizzata dal peso sommerso del corpo w=m g .

• Forza di galleggiamento fbb: questa forza è diretta verso l'alto, agisce sul centro di galleggiabilità ed è caratterizzata da galleggiabilità b=𝜌Δ g che è un effetto idrostatico in quanto non è funzione del movimento relativo tra il corpo e il fluido.

fgb=rbt[00w]=rbt[00mg] fbb= rbt[00b]= rbt[00𝜌Δg]

Con:

- g: accelerazione di gravità.

- g =[0 0 g]T R3.

- Δ R: volume del corpo.

- m R: massa del corpo.

- 𝜌 R: densità del l'acqua.

L'effetto della galleggiabilità nella robotica subacquea è molto rilevante perché la densità 𝜌 del fluido, l'acqua, è paragonabile alla densità del corpo. Quindi, la forza di galleggiamento ha un contributo significativo sul robot. Al contrario, nella robotica aerea la densità dell'aria è molto più piccola della densità del corpo, quindi il contributo della galleggiabilità è trascurabile in questo caso

Quando un corpo è parzialmente o completamente immerso in un fluido (nel caso della robotica subacquea consideriamo l’acqua) esso oltre ad essere soggetto alla forza di gravità è soggetto ad un’altra forza chiamata di galleggiamento, la quale è un effetto idrostatico che non è funzione del moto relativo tra il corpo e il fluido, ma esso è proprio quanto viene affermato dal principio di Archimede. Ricapitolando le forze a cui è soggetto sono le seguenti:

* La forza di gravità che agisce nel centro di massa ed è diretta verso il basso;
* La forza di galleggiamento che agisce nel centro di galleggiamento ed è diretta verso l’alto;

FORMULE

come evidenziano le formule mentre la prima dipende dal peso del corpo sommerso la seconda dipenda da b, dove ρ è la densità del fluido, Δ è il volume della parte sommersa del corpo, , mentre g = [0 0 g]T è l'accelerazione di gravità espressa in una forma vettoriale.

Queste due forze sono spesso considerate insieme come un unico contributo e vengono definite forze di ripristino. Di conseguenza dovuto alla gravità e al galleggiamento il wrench espresso nel fisttao body frame è il seguente:

in cui r\_c^b è la posizione del centro di massa espresso nel body frame; mentre r\_b^b è la posizione del centro di galleggiamento espresso nel body frame; da questa formula si può dedurre che se i due centri in cui vengono applicate le dure forze non è disposto lungo la stessa verticale questo provoca un momento che porta il robot a ruotare, dovuto appunto a questo problema meccanico o a causa di costruzione geometrica o di vincoli costruzionali. Ovviamente se sono allineati lungo la stessa verticale il robot può andare solo sopra o sotto in base alla gravità e al galleggiamento.

Different from the aerial where we have only the gravity, here we have also the buoyancy. We don't consider the buoyancy in the aerial beacuase of the density of the air is lighter of the density of the water and also the density of the robot to respect the density of the air were not comparable, becuase the density of the robot were much higer of the density of the air. NOW the density of the robot is comparable to the density of the water.

And since the density of the robot is comparable to the density of the water the added effect appeared.

**Exercise 2:**

L'affermazione è falsa. L'effetto di massa aggiunto non dovrebbe essere inteso come un semplice carico extra (massa e inerzia) sulla struttura. Invece, rappresenta la forza di reazione generata dalle particelle fluide circostanti, che accelerano dovuto il movimento del corpo. Questa forza di reazione si manifesta come inerzia aggiuntiva dal fluido intorno al corpo, accelerando con esso. Di conseguenza, quando si incorpora l'effetto massa aggiunto in un modello dinamico, le matrici utilizzate mancano delle proprietà definite simmetriche e positive caratteristiche delle matrici di inerzia reali.

L'affermazione a. è falsa: l'effetto di massa aggiunto non può essere descritto solo come un carico extra

(massa e inerzia) sulla struttura del robot, e deve invece essere descritto come la reazione

forza generata dalle particelle di fluido che sono in contatto con l'UUV mentre sono

accelerato dai suoi movimenti. Infatti, quando includiamo l'effetto di massa aggiunto nel UUV

modello usiamo matrici che non hanno le proprietà di essere simmetrico e positivo

che le matrici di inerzia effettive condividano.

L'affermazione (a) è falsa perché l'effetto di massa aggiunto è introdotto nel modello dinamico non come una massa ma come inerziale supplementare del fluido che circonda il corpo, che è accelerato dal movimento del corpo. Il fluido esercita una forza di reazione che è uguale in grandezza e opposta in direzione e questa forza di reazione è aggiunto contributo di massa.

non consideriamo la galleggiabilità nel beacuase aereo della densità dell'aria è luce (più Leggero) della densità dell'acqua e anche la densità del robot per rispettare la densità dell'aria non erano comparabili, Perché la densità del robot era molto più alta della densità dell'aria. ORA la densità del robot è paragonabile alla densità dell'acqua.

E poiché la densità del robot è paragonabile alla densità dell'acqua è apparso l'effetto aggiunto.

L’effetto di massa aggiunto nella robotica subacqua va considerato diversamente dagli altri casi tra cui la robotica aerea poiché la densità dell’acqua è paragonabile alla densità di un robot subacqueo. Diversamente da quanto accade in altri casi come i robot aerei in cui la densità dell’aria è molto più leggera della densità dell’acqua e del robot stesso, di conseguenza non essendo le due densità paragonabili questo effetto non viene considerato.

L'affermazione b. è vera: dobbiamo considerare l'effetto di massa aggiunto nella robotica subacquea

perché la densità dell'acqua è paragonabile a quella di un UUV. Nel caso di un UAV,

invece, l'effetto di massa aggiunto è trascurabile in quanto la densità dell'aria è troppo piccola rispetto a

la densità di un robot.

L'affermazione (b) è vera perché aggiunto effetto di massa è vero che esistono in tutti i tipi di robot (robot aereo, robot gambe, ecc), ma se il fluido è aria, quindi la densità del fluido non è paragonabile con la densità del corpo. Quindi, in tutti gli scenari che non sono robotica subacquea, aggiunto effetto di massa è trascurabile. Al contrario nei robot subacquei dove la densità del fluido è paragonabile alla densità del corpo, questo effetto non è trascurabile.

L'affermazione (c) è vera, e può essere spiegata da due prospettive:

Punto di vista fisico: La viscosità del fluido induce forze dissipative di trascinamento e sollevamento sul corpo, che contribuiscono all'effetto smorzante. Nei sistemi meccanici, lo smorzamento riduce l'ampiezza delle oscillazioni dissipando energia. Ad esempio, in un pendolo, la viscosità dell'aria impedisce oscillazioni persistenti, portando alla stabilità asintotica quando il pendolo si ferma.

Punto di vista analitico: lo smorzamento è spesso semplificato per includere solo i termini di smorzamento quadratico, raggruppati in una matrice di smorzamento definita positiva

D

R

B

∈

R

6

×

6

D

RB

​

R

6 6

. Nell'analisi di stabilità, in particolare nel controller basato su modello basato su telaio fisso misto terra/veicolo, la prova di stabilità prevede un derivato della funzione di Lyapunov

V

˙

V

˙

che contiene il termine

v

<0. Secondo il lemma di Barbalat, maggiore è la matrice di smorzamento

D

Più veloce è la convergenza del sistema verso la stabilità.

L'affermazione c. è vera: l'effetto smorzamento aggiunge una forza dissipativa al sistema,

che aiuta la sua stabilità. Possiamo per esempio considerare la Terra mista/ Veicolo-fixed-framebased

controller model-based: nella sua prova di stabilità abbiamo una V che contiene il termine

stv

(KD + DRB) sv < 0, e quindi (applicando il lemma di Barbalat) il DRB più grande è il più veloce

la convergenza sarà (DRB R6 6 è la matrice di smorzamento che modella sia la resistenza

e l'effetto ascensore, ed è positivo definito).

L'affermazione (c) è vera e per dare una motivazione possiamo vedere due punti di vista:

• Punto di vista fisico: prima di tutto, la viscosità del fluido provoca la presenza di forze dissipative di trascinamento e sollevamento sul corpo. In tutti i termini di smorzamento di sistema meccanici l'ampiezza ridotta di oscillazioni perché il sistema per vittoria le forze prima spende l'energia. Ad esempio, nel pendolo, grazie alla viscosità dell'aria, non mostrano un'oscillazione persistente ma è asintotico stabile. Infatti, si ferma dopo un certo tempo.

• Punto di vista analitico: una semplificazione comune consiste nel considerare solo i termini di smorzamento quadratico e raggrupparli in una matrice di smorzamento DRB R6 6 che è definita positiva e solitamente costante. Se vediamo derivata del tempo della funzione di Lyapunov presente in teoria, l'ipotesi che DRB è positivo ci aiuta a disegnare che V è semi-definito negativo.

L'affermazione (d) è falsa. Anche se la corrente dell'Oceano è solitamente considerata sia costante che irrotazionale, questa ipotesi è valida solo se la corrente dell'oceano è espressa nella struttura del mondo.

I controllori adattivi e integrali, comunemente usati nella robotica subacquea, traggono vantaggio dalla corrente oceanica costante e irrotazionale perché possono compensare asintoticamente i termini di disturbo costante. Questa compensazione è più efficace quando il disturbo è visto come costante in un sistema di riferimento.

Per questo motivo, è preferibile esprimere la corrente oceanica nella cornice del mondo fisso. In questa cornice, possiamo descrivere la corrente oceanica come:

L'affermazione d. è falsa: è vero che la corrente dell'Oceano è solitamente considerata sia

costante e irrotazionale (qualcosa di altamente vantaggioso per i controllori adattivi e integrali

spesso usato per la robotica subacquea), ma per fare questo presupposto dobbiamo descrivere

nella cornice del mondo fisso. In tale cornice possiamo scrivere:

νc =



tutto

νc,x

νc,y

νc,z

0

0

0



tutto

R6, ν c = 06

L'affermazione (d) è falsa perché, è vero che di solito la corrente dell'Oceano è considerata costante e irrotazionale, ma questa ipotesi è verificata solo se la corrente dell'oceano è espressa nell'inquadramento del mondo. I controllori adattivi o integrali raggiungono asintoticamente la compensazione dei termini di disturbo costante, per cui è meglio costruire la compensazione in un quadro di riferimento rispetto al quale il disturbo stesso è visto come una costante. Per questo motivo, è meglio esprimere la corrente dell'oceano nella cornice del mondo.

**Exercise 3:**

**Exercise 4:**

Le cifre da 4 a 12 mostrano i diversi test che sono stati eseguiti con stimatori di