***Análise Estática da Relação entre as coordenadas cartesianas das juntas (Joelho e Anca) e o Centro de Pressão referência usado no Controlador Jacobiano***

Como se pretende determinar a relação entre a cinemática directa das juntas e o CoPref, uma análise estática é preferível, em que para cada CoPref (passado para o microcontrolador) são medidos os ângulos dos servomotores através do seu potenciómetro:

1. Conhecendo as posições dos servomotores quando a perna se encontra na postura vertical, os ângulos são recalculados, tendo como referência esta postura;
2. Ajuste dos ângulos tendo em conta a relação das correias de transmissão;
3. A partir dos ângulos reais das juntas, calcula-se a cinemática directa do joelho e da anca, e as suas coordenadas cartesianas nas componentes x, y e z podem ser determinadas.

A análise estática é entendida como sendo:

1. Actualização do centro de pressão referência;
2. Espera que o controlador atinja o equilíbrio;
3. Espera de alguns segundos, para assegurar a paragem dos servos;
4. Leitura dos dados sensoriais;
5. Voltar a 1.

Frente

Atrás

y

x

z

y

θ2

θ1

θ0

Atrás

Frente

(Vista de Lado)

(Vista de Frente)

x

z

(Vista de Cima do Pé)

z

x

y

As coordenadas cartesianas (x,y,z) das juntas seguem a convenção definida na figura acima (vista de lado e de frente da perna), e as componentes (x,y) do Centro de Pressão referência (CoPref) são definidas de acordo com os eixos da vista de cima do pé.

Calculando a razão entre o deslocamento do CoPref e da cinemática directa das juntas (coordenadas cartesianas), podemos usar esta constante para efectuar deslocamentos das juntas usando o controlador de equilíbrio.

Experiência 1:

Variação do CoPref no eixo xx (eixo ortogonal ao pé): CoP=(30,0,0) => (-30,0,0)

Steps=30





Variação da cinemática directa do joelho e da anca praticamente linear relativamente ao CoPref.

Experiência 2:

Variação do CoPref no eixo yy (eixo paralelo ao pé): CoP=(0,-30,0) => (0,34,0)

Steps=32





Variação da cinemática directa praticamente linear.

Experiência 3a:

Variação do CoPref nos eixos xy: CoP=(25,-25,0) => (-25,25,0)

Steps=25





Nesta situação já se observa um comportamento não linear, sendo mais significativa no eixo yy próximo do extremo máximo (CoPref→25). Tal ocorre devido aos sensores de pressão atingirem uma elasticidade limite, provocando uma tentativa de compensação contínua sem variações do sinal de erro do centro de pressão.

Experiência 3b:

Variação do CoPref nos eixos xy: CoP=(-20,25,0) => (20,-25,0)

Steps=50





Esta experiência realiza o percurso inverso, e pode-se observar no gráfico da posição y em função do CoPref(y) que no início (CoPref(y)=25), os motores mantém-se parados devido ao facto de se encontrarem saturados depois de uma tentativa de compensação contínua. Quando finalmente o sinal de erro do CoPref inverte, os motores começam a deslocar-se rapidamente devido à rápida variação deste parâmetro nas zonas distantes de CoPref=0.

***CONCLUSÕES***

Embora para deslocamentos associados a apenas um eixo, a variação da cinemática directa seja praticamente linear à variação do centro de pressão referência, tal deixa de acontecer para deslocamentos nos dois eixos, dando a ideia, através dos gráficos (experência 3), que quando a perna se inclina para um dos lados, os sensores de pressão tendem a atingir um valor limite da elasticidade, fazendo com que o erro do centro de pressão estabilize independentemente da posição dos motores, o que inevitavelmente levará à saturação dos mesmos, tal como se observa nas figuras anteriores. Este fenómenos diz-nos claramente que comportamento do CoP medido não é independente nos dois eixos, o que leva a uma complexificação do cálculo do CoPref a aplicar para uma determinada posição do joelho ou da anca.

Por análise da variação das coordenadas cartesianas das juntas do joelho e da anca (Δx e Δy), relativamente à variação do CoPref (ΔCoPref(x) e ΔCoPref(y)) apresenta-se a seguinte tabela (os dados foram extraídos dos gráficos indicados com um quadrado):

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Experiência | ΔCoPref | | Variação Cartesiana (x,y) | | | |
| Joelho | | Anca | |
| ΔCoPref(x) | ΔCoPref(y) | Δx | Δy | Δx | Δy |
| 1 | 60 | 0 | 10.2 | 0.6 | 18.6 | 1.2 |
| 2 | 0 | 65 | 1.0 | 7.1 | 1.7 | 15.8 |
| 3a | 40 | 50 | 6.7 | 8.6 | 16.1 | 19.1 |
| 3b | 40 | 50 | 6.6 | 9.2 | 11.5 | 20.2 |

Nos casos das experiências 1 e 2, em que apenas se varia um eixo, mesmo assim observou-se pequenas variações da cinemática directa das juntas para os restantes eixos. Tais dados estão indicados a laranja, e não deverão ser considerados. A tabela seguinte calcula a razão entre a variação da pressão referência e a variação das coordenadas cartesianas, para cada componente x, y e z.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Experiência | Variação Cartesiana (x,y) | | | |
| Joelho | | Anca | |
| ΔCoPref(x)/Δx | ΔCoPref(y)/Δy | ΔCoPref(x)/Δx | ΔCoPref(y)/Δy |
| 1 | 5.9 | — | 3.2 | — |
| 2 | — | 9.2 | — | 4.1 |
| 3a | 6.0 | 5.8 | 2.5 | 2.6 |
| 3b | 6.1 | 5.4 | 3.5 | 2.5 |
| *K* (Média) | 6.0 | 9.2 | 3.1 | 4.1 |

A média determinada acima para conversão de um deslocamento cartesiano para deslocamento de CoPref infelizmente apenas pode ser aplicado para movimentos em apenas um dos eixos, dada a dependência das duas componentes.