



Unified Robot Description Format (URDF)

Walter Fetter Lages

fetter@ece.ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Escola de Engenharia

Departamento de Sistemas Elétricos de Automação e Energia

ENG10026 Robótica A

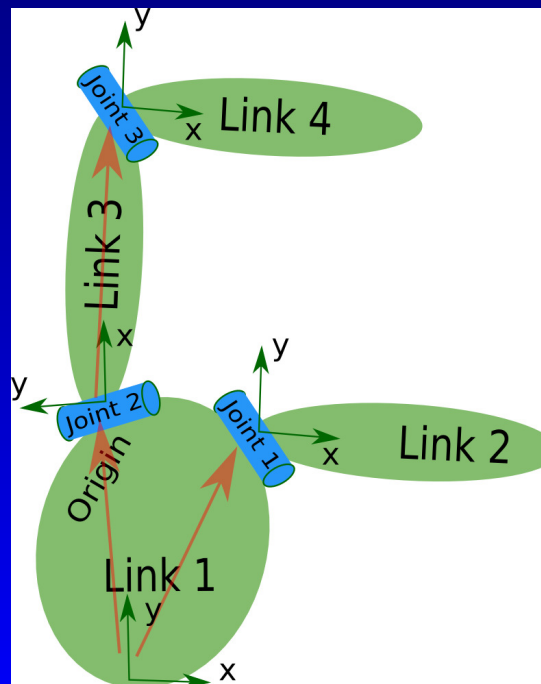


Introdução

- URDF é uma especificação XML para descrever robôs.
- Apenas estruturas em árvore podem ser representadas
 - Não é apropriada para robôs paralelos
- A especificação cobre:
 - Cinemática
 - Dinâmica
 - Representação visual
 - Modelo de colisão

Modelo

- A descrição consiste de elos e juntas
- Outros *tags* XML podem ser incluídos mas são ignorados
 - Podem ser utilizados por outros subsistemas, como simuladores e controladores





Modelo

<robot name="nome_do_robo">

<link> ... </link>

<link> ... </link>

<link> ... </link>

<joint> </joint>

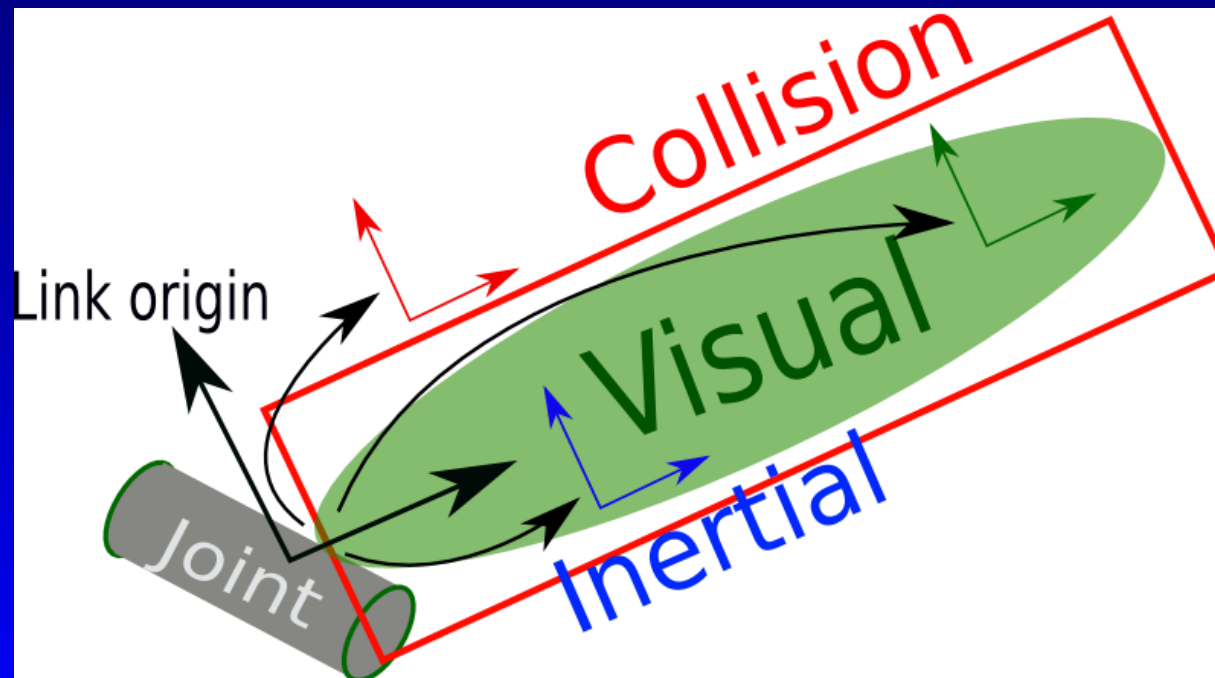
<joint> </joint>

<joint> </joint>

</robot>

Elo

- Nome
- Parâmetros de inércia
- Propriedades visuais
- Propriedades de colisão





Elo

<link name="elo1">

<inertial> ... </inertial>

<visual> ... </visual>

<collision> ... </collision>

</link>

<inertial>

- Propriedades de inércia do elo

<origin>: Centro de massa em relação ao sistema de referência do elo

xyz: *offset* em x, y, z

rpy: ângulos de rolamento, arfagem e guinada

<mass>: Massa do elo

<inertia>: elementos da matriz de inércia: i_{xx} , i_{xy} , i_{xz} , i_{yy} , i_{yz} e i_{zz}



<inertial>

<inertial>

<origin xyz="0 0 0.5" rpy="0 0 0"/>

<mass value="1"/>

<inertia ixx="100" ixy="0" ixz="0" iyy="100" iyz="0" izz="100"/>

</inertial>

Momento de Inércia

$$I_{xx} = \int \int \int (y^2 + z^2) \rho dv$$

$$I_{yy} = \int \int \int (x^2 + z^2) \rho dv$$

$$I_{zz} = \int \int \int (x^2 + y^2) \rho dv$$

$$I_{xy} = \int \int \int (xy) \rho dv$$

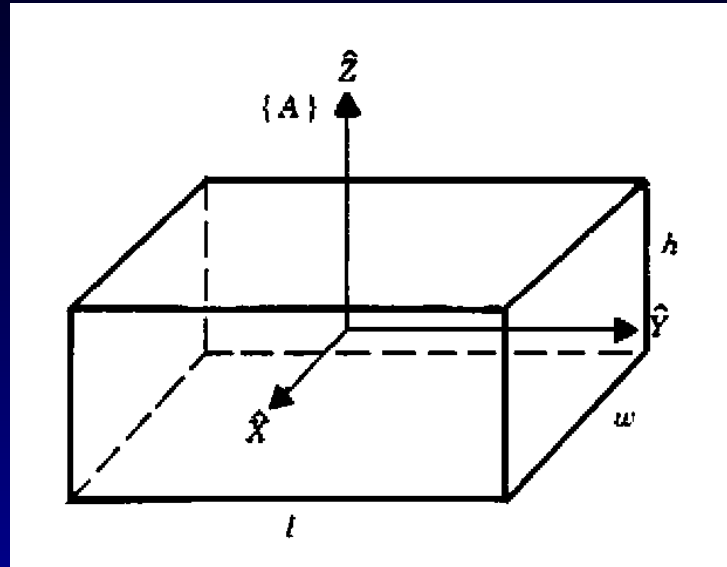
$$I_{xz} = \int \int \int (xz) \rho dv$$

$$I_{yz} = \int \int \int (yz) \rho dv$$

dv : diferencial de volume

ρ : densidade volumétrica de massa

Momentos de Inércia - Cubo



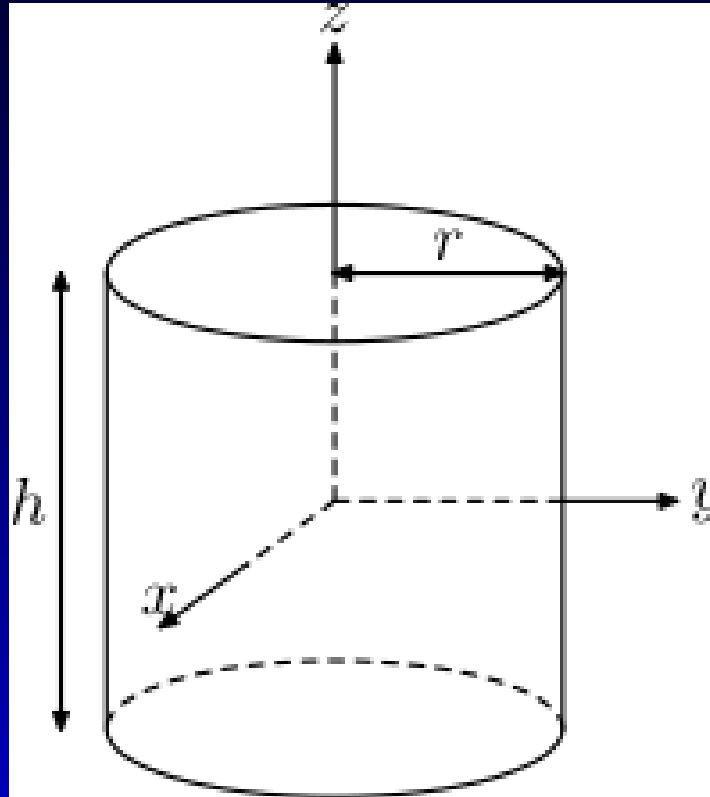
$$I_{xx} = \frac{m}{12} (l^2 + h^2)$$

$$I_{yy} = \frac{m}{12} (w^2 + h^2)$$

$$I_{zz} = \frac{m}{12} (w^2 + l^2)$$

$$I_{xy} = I_{xz} = I_{yz} = 0$$

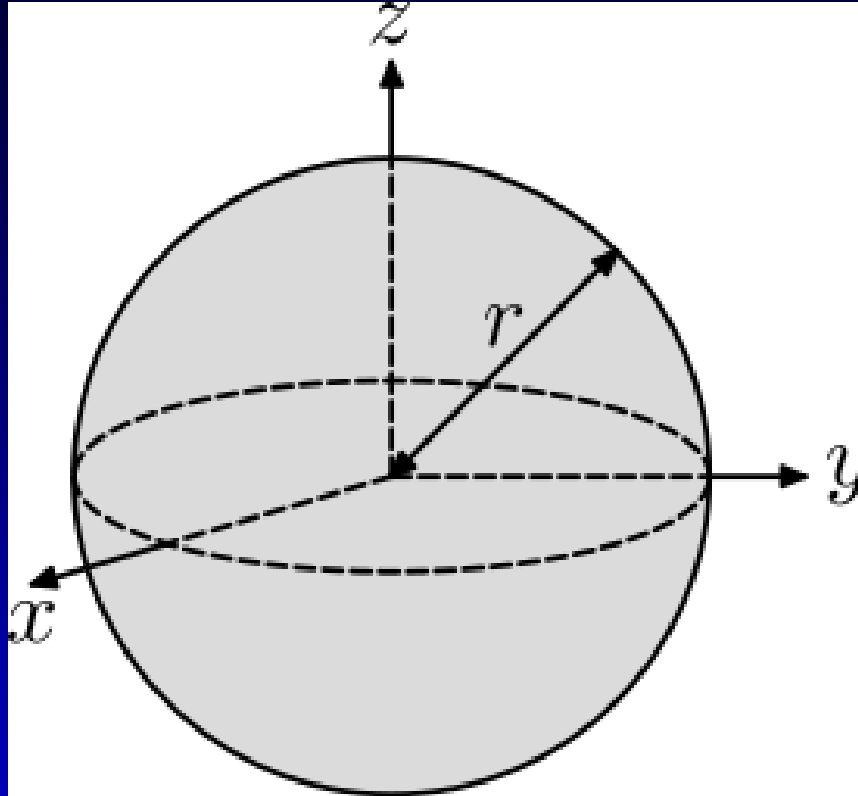
Momentos de Inércia - Cilindro



$$I_{zz} = \frac{mr^2}{2}$$

$$I_{xx} = I_{yy} = \frac{m}{12} (3r^2 + h^2)$$

Momentos de Inércia - Esfera



$$I_{xx} = I_{yy} = I_{zz} = \frac{2mr^2}{5}$$

$$I_{xy} = I_{xz} = I_{yz} = 0$$



<visual>

- Propriedades visuais do elo

name: (opcional) nome do elo

<origin>: (opcional) Sistema de coordenadas do elemento visual em relação ao sistema de coordenadas do elo

xyz: *offset* em x , y , z

rpy: ângulos de rolamento, arfagem e guinada

<visual>

<geometry>: Forma visual o objeto

<box>: a origem da caixa está no seu centro

size: atributo com as três dimensões da caixa. A origem está no centro.

<cylinder>: a origem do cilindro está no seu centro

radius: raio do cilindro

length: comprimento do cilindro

<sphere>: a origem da esfera está no seu centro

radius: raio do cilindro

<mesh>: mesh especificado no formato Collada (.dae) ou StereoLithography (.stl)

filename: nome do arquivo

scale: (opcional) escala

<visual>

<material>: (optional) material do elemento visual

name: nome do material

<color>: (optional) cor do material

rgba: cor do material representado por red/green/blue/alpha, na faixa [0,1]

<texture>: (optional) textura

filename: arquivo especificando a textura



<visual>

<visual>

<origin xyz="0 0 0" rpy="0 0 0" />

<geometry>

<box size="1 1 1" />

</geometry>

<material name="Cyan">

<color rgba="0 1.0 1.0 1.0"/>

</material>

</visual>



<collision>

- Propriedades de colisão do elo

name: (opcional) nome do elo

<origin>: (opcional) Sistema de coordenadas do elemento de colisão em relação ao sistema de coordenadas do elo

xyz: *offset* em x , y , z

rpy: ângulos de rolamento, arfagem e guinada

<geometry>: Forma de colisão o objeto, especificada de maneira semelhante à forma visual

<collision>

<collision>

<origin xyz="0 0 0" rpy="0 0 0"/>

<geometry>

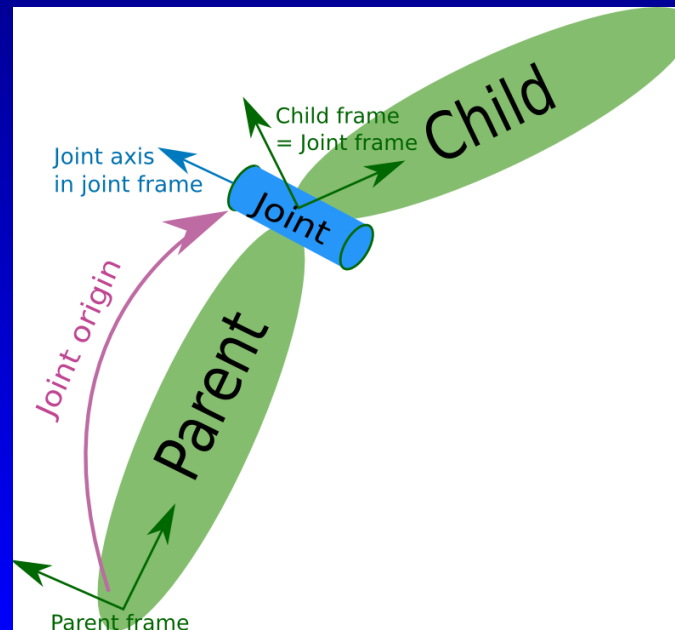
<cylinder radius="1" length="0.5"/>

</geometry>

</collision>

Junta

- Nome
- Tipo
- Propriedades: origem (opcional), elo pai, elo filho, eixo (opcional), calibragem (opcional), dinâmica (opcional), limites (opcional, exceto para revolutas e prismáticas), mímica (opcional), controlador de segurança (opcional)





Junta

```
<joint name="..." type="...">  
  <parent link="..." />  
  <child link="..." />  
  <axis xyz="0 0 1" />  
</joint>
```



Tipo da Junta

revolute: junta rotacional

continuous: junta rotacional, sem limite, como uma roda

prismatic: junta prismática

fixed: junta fixa, que não se move

floating: movimento nos 6 graus de liberdade

planar: movimento no plano perpendicular ao eixo



<origin>

- Origem da junta
- Transformação do elo pai para o elo filho

xyz (opcional): *offset* em x , y , z

rpy (opcional): ângulos de rolamento, arfagem e guinada



<parent> e <child>

- Elos Pai e Filho da Junta (obrigatórios)
- parâmetro `link`: nome do elo pai ou filho



<axis>

- Eixo da junta (opcional)

xyz: componentes do versor descrevendo o eixo da junta



<calibration>

- Calibragem da junta (opcional)

rising (opcional): quando movendo na direção positiva esta posição gera uma borda de subida

falling (opcional): quando movendo na direção positiva esta posição gera uma borda de descida



< dynamics >

- Dinâmica da junta (opcional)

damping (opcional): amortecimento da junta
(Ns/m para juntas prismáticas e Nms/rad para juntas rotacionais)

friction (opcional): fricção na junta (N para juntas prismáticas e Nm para juntas rotacionais)

<limit>

- Limites da junta (opcional, exceto para juntas prismáticas e rotacionais)

lower (opcional): limite inferior da posição da junta

upper (opcional): limite superior da posição da junta

effort: máximo esforço na junta (em valor absoluto)

velocity: máxima velocidade na junta (em valor absoluto)



<mimic>

- A junta mimetiza outra junta, eventualmente com um multiplicador e um *offset* (opcional).
$$\text{value} = \text{multiplier} * \text{joint} + \text{offset}.$$

joint: junta mimetizada

multiplier (opcional): multiplicador (*default* = 1)

offset (opcional): *offset* (*default* = 0)

<safety_controller>

- Controlador de segurança da junta (opcional)
- Estabelece saturções por *software* para a junta

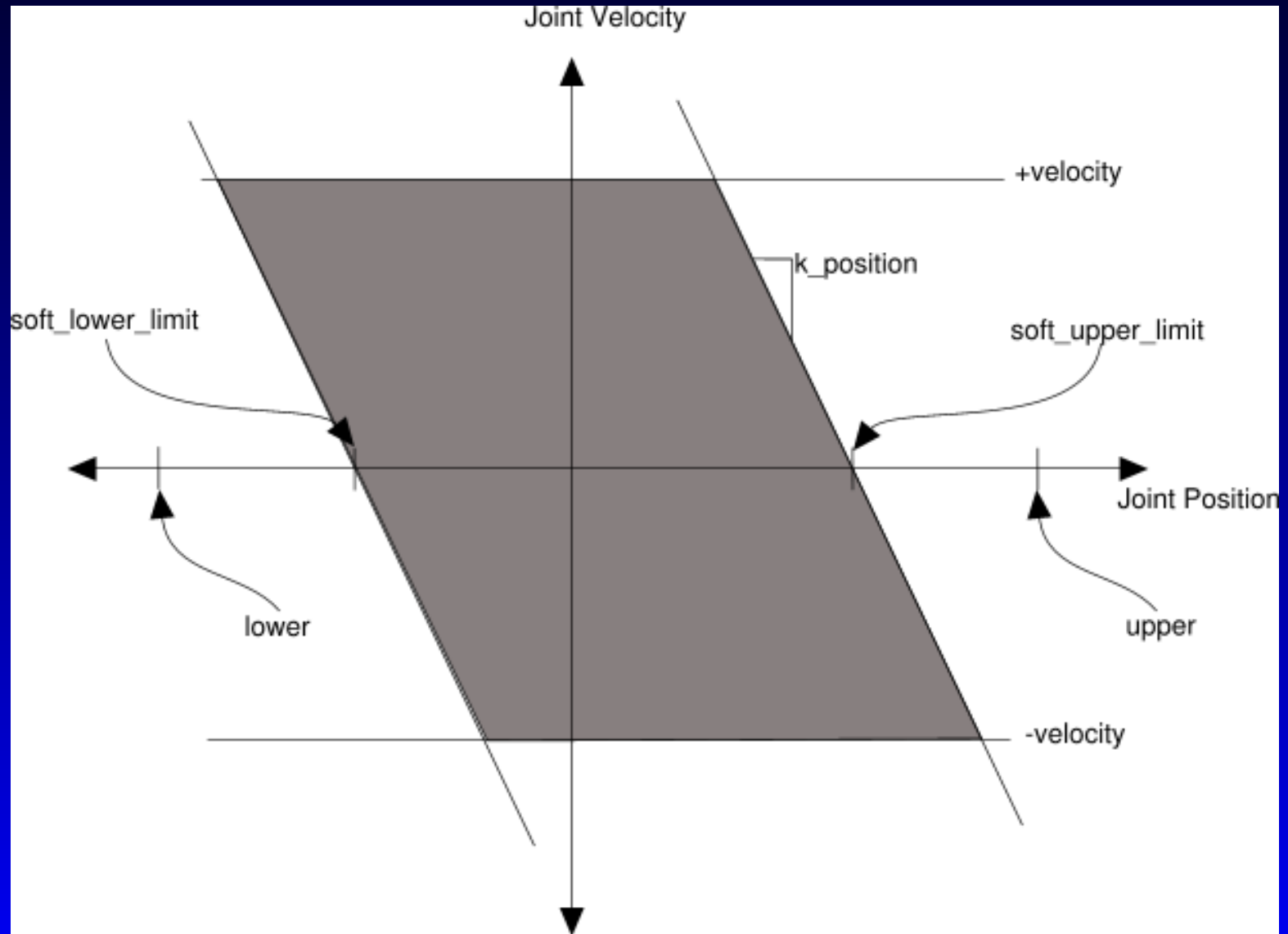
soft_lower_limit (opcional): limite inferior a partir do qual o controlador de segurança começa a atuar

soft_upper_limit (opcional): limite superior a partir do qual o controlador de segurança começa a atuar

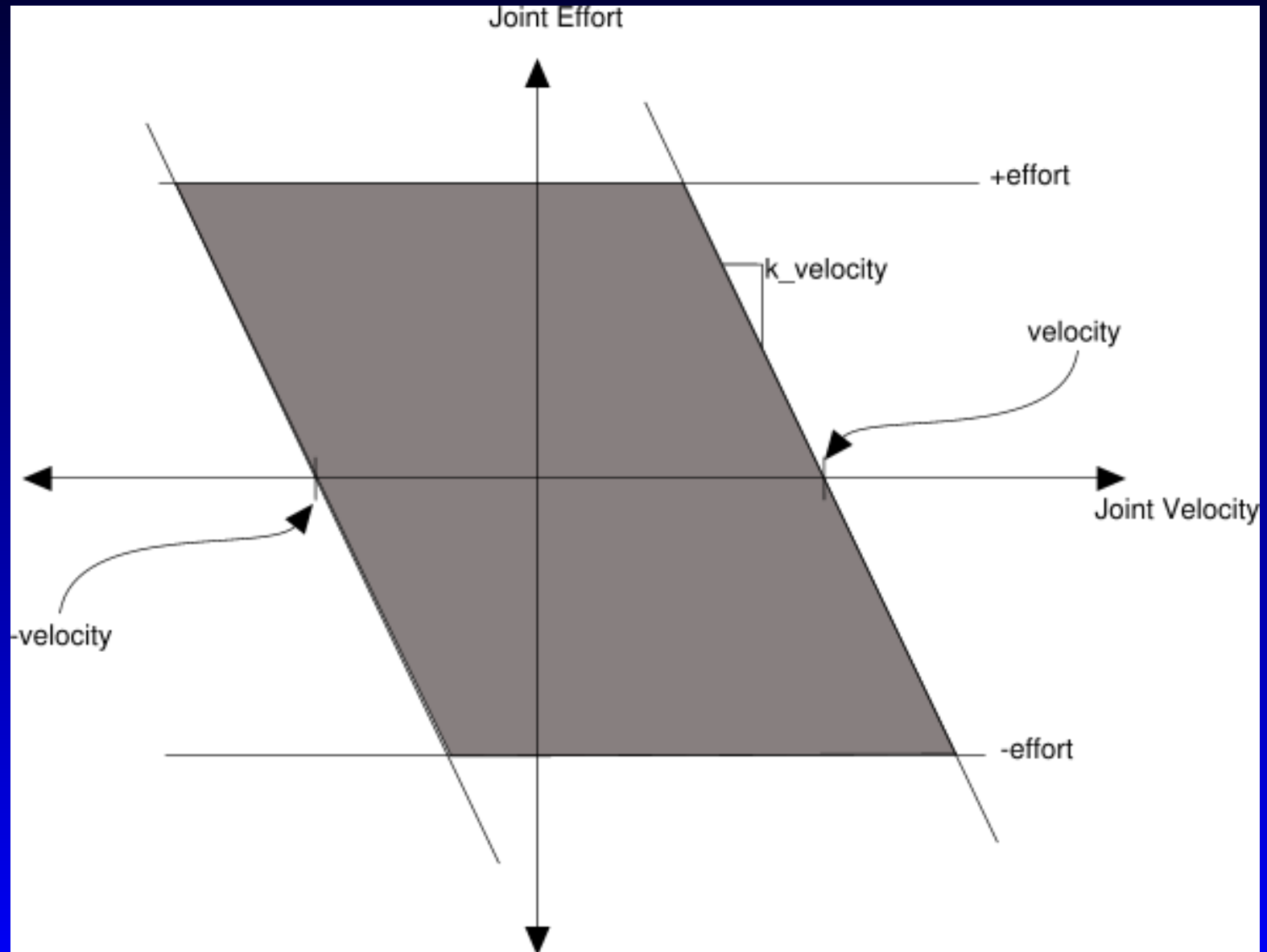
k_position (opcional): relação entre os limites de posição e velocidade

k_velocity: relação entre os limites de esforço e velocidade

Controlador de Segurança



Controlador de Segurança



Junta

```
<joint name="joint_1" type="revolute">  
  <parent link="parent_name" />  
  <child link="child_name" />  
  <axis xyz="0 0 1" />  
  <limit effort="30" lower="-2.6" upper="2.6" velocity="2.0" />  
  <safety_controller k_velocity="0.5" />  
  <dynamics damping="0.9" friction="0.42" />  
</joint>
```



Transmissão

- Associa uma junta a um atuador
- Parâmetros:
 - Nome
 - Tipo
 - Junta
 - Atuador

Transmissão

```
<transmission name="simple_trans">  
  <type>transmission_interface/SimpleTransmission</type>  
  <joint name="foo_joint">  
    <hardwareInterface>hardware_interface/EffortJointInterface</  
      hardwareInterface>  
  </joint>  
  <actuator name="foo_motor">  
    <mechanicalReduction>50</mechanicalReduction>  
  </actuator>  
</transmission>
```



<type>

- Tipo da transmissão

`transmission_interface/SimpleTransmission:`

transmissão simples

`transmission_interface/DifferentialTransmission:`

transmissão diferencial



<joint>

- Junta associada à transmissão

name: nome da junta

<hardwareInterface>: tipo de interface de *hardware* da junta

EffortJointInterface: Junta acionada por esforço (torque ou força)

VelocityJointInterface: Junta acionada por velocidade

PositionJointInterface: Junta acionada por posição



<actuator>

- Atuador associado à transmissão

name: nome do atuador

<mechanicalReduction>: Redução na transmissão

Gazebo

- Para que robôs descritos em URDF funcionem adequadamente no Gazebo é necessário que sigam algumas convenções:
 - Cada elo deve ter um elemento `<inertia>`
 - Cada elo pode ter um elemento `<gazebo>`
 - converter cores para o formado do Gazebo
 - converter arquivos stl para arquivos dae
 - adicionar *plugins* para sensores
 - Cada junta pode ter um elemento `<gazebo>`
 - configurar o amortecimento da junta
 - adicionar *plugins* para o atuador
 - O robô pode ter um elemento `<gazebo>`
 - O elo `<link name="world"/>` pode ser usado para fixar rigidamente o robô no ambiente

Elementos <gazebo> para Elos

<material>: Material do elemento visual

<gravity>: se `true`, usar gravidade

<dampingFactor>: fator de amortecimento de velocidade

<maxVel>: máxima velocidade de correção em contatos

<minDepth>: profundidade mínima de contato antes do impulso de correção

<mu1>, <mu2>: coeficientes de fricção

<fdir1>: direção de `mu1`

<kp>: rigidez de contato

<kd>: amortecimento de contato

<selfCollide>: se `true` o elo pode colidir com outros elos

<maxContacts>: número máximo de contatos



Material

- Os materiais estão descritos em
`/usr/share/gazebo/media/
materials/scripts/gazebo.material`

Elementos <gazebo> para Elos

```
<gazebo reference="link2">
```

```
  <mu1>0.2</mu1>
```

```
  <mu2>0.2</mu2>
```

```
  <material>Gazebo/Black</material>
```

```
</gazebo>
```

Elementos `<gazebo>` para Juntas



`<kp>`: rigidez

`<kd>`: amortecimento

`<stopCfm>`: força de restrição quando não parada

`<stopErp>`: parâmetro de redução de erro

`<provideFeedback>`: quando em `true` permite a junta publicar força e torque via um *plugin* do Gazebo

`<cfmDamping>`: quando em `true` usar CFM para simular o amortecimento, permitindo amortecimento infinito

`<fudgeFactor>`: escala para a força em excesso quando a junta está no limite, entre zero e um.

Elementos `<gazebo>` para Robôs

`<static>`: quando em `true` o robô é imóvel

