Modelamiento de **Legged Robots**

Seykarin Mestre Muelas

¿Por que modelar antes de simular?

- Para trabajar con la simulación, es necesario conocer el modelo.

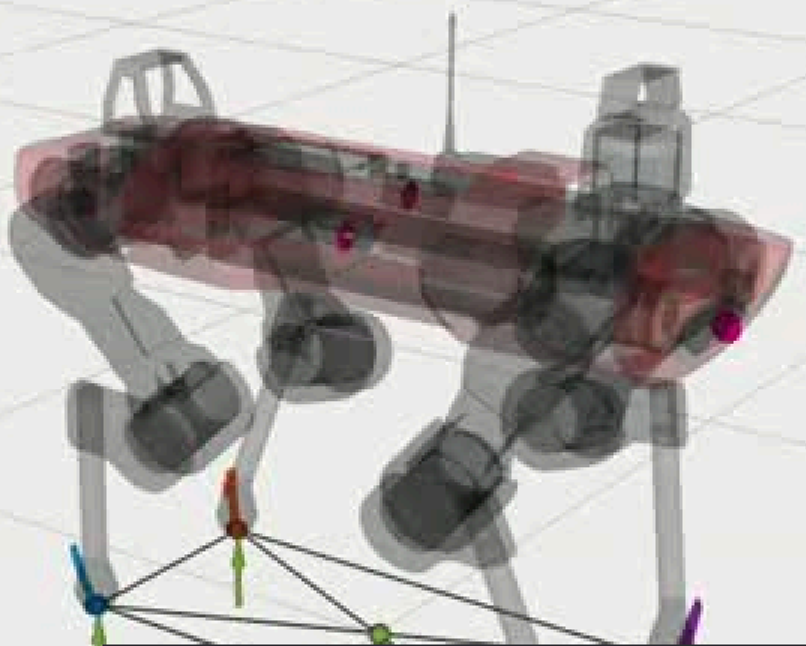
- Para trabajar con la documentación, es necesario entender el modelo.

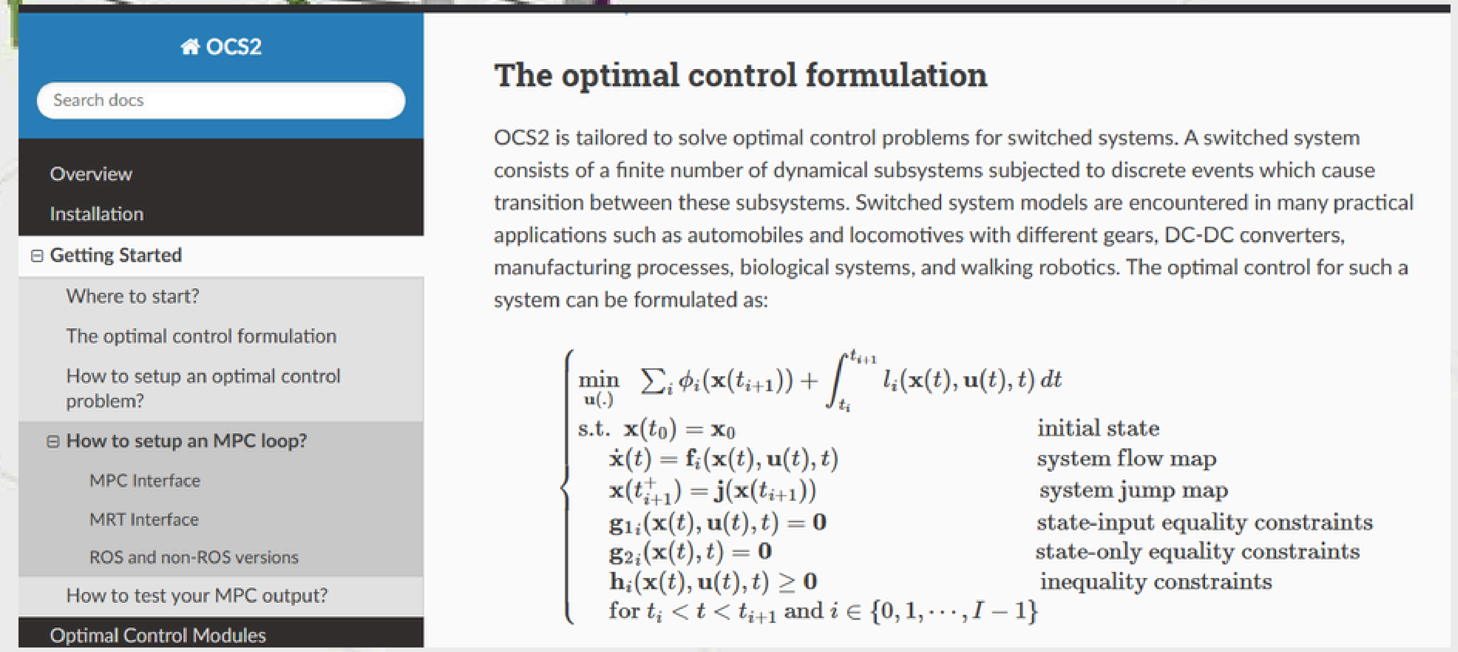
$$m\ddot{r} = mg + \sum_{i=1}^{n_i} f_i$$

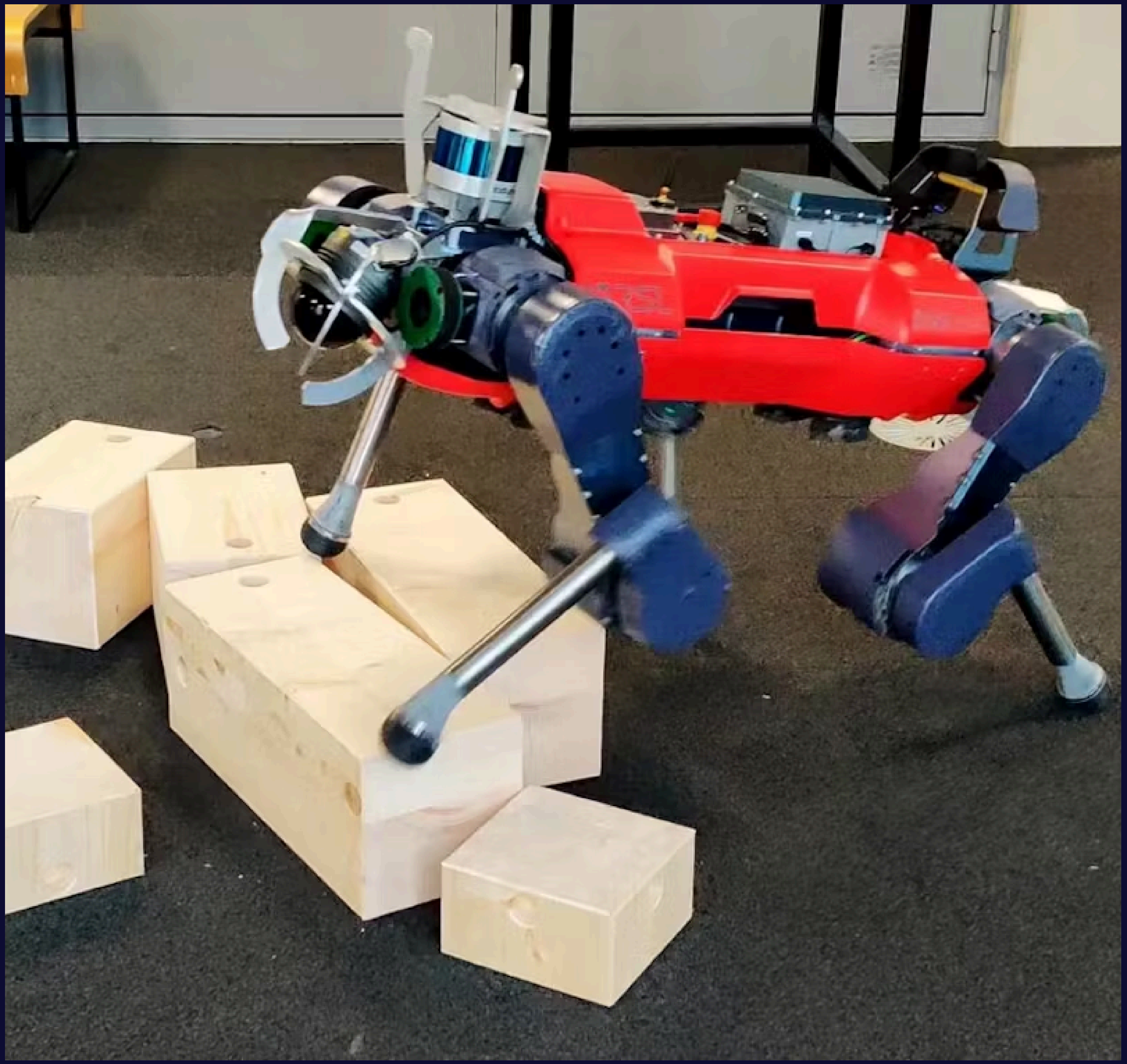
$$I(\theta)\dot{w} + w \times I(\theta)w = \sum_{i=1}^{n_i} f_i \times (r - p_i)$$

Donde:

- $M(q)$: Matriz de inercia generalizada del sistema.
- r: Posicion del centro de masa (CoM)
- w: Velocidad angular total del robot.
- m: Masa total del robot.
- I: Inercia del tronco dependiente de su orienteción.
- θ: Es la orientacion del tronco en los diferentes ejes coordenadados.







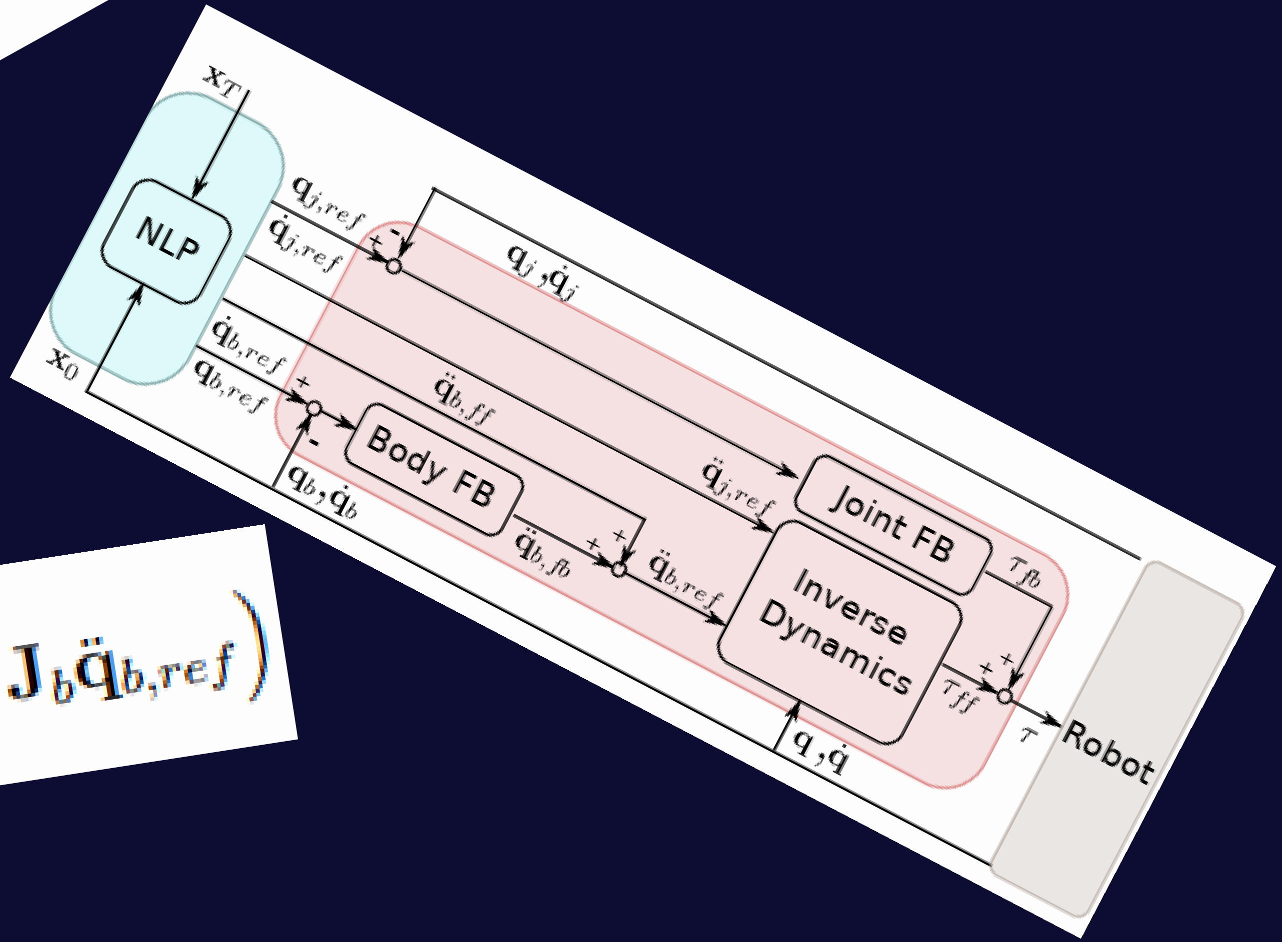
Importancia de este modelado

- Los robots de patas tienen ventajas en terrenos donde los sistemas con ruedas no son eficientes.
- Pueden desplazarse por superficies irregulares, subir escaleras y sortear obstáculos.
- Sin embargo, su modelado es más complejo debido a la dinámica no lineal y la necesidad de control preciso.

Problematica a tratar

- El modelado de estos robots puede ser difícil de entender para personas con poca experiencia en robótica.
- Es necesario un enfoque claro y accesible para facilitar su comprensión.

$$\mathbf{p}_c(t) = \sum_{f=1}^{n_f}\sum_{v=1}^{n_v} \lambda_v^f(t)\left(\mathbf{p}^f(t) + \mathbf{R}(\alpha^f(t))\mathbf{v}_v\right)$$



$$\ddot{\mathbf{q}}_{j,ref} = \mathbf{J}_j^{+}\left(\ddot{\mathbf{p}} - \dot{\mathbf{J}}\dot{\mathbf{q}} - \mathbf{J}_b\ddot{\mathbf{q}}_{b,ref}\right)$$

$$\mathbf{x}(t) = \begin{bmatrix}\mathbf{r}(t)\\ \dot{\mathbf{r}}(t)\end{bmatrix} = \sum_{i=1}^{4}\begin{bmatrix}(t-t_k)\\ i\end{bmatrix}\mathbf{a}_{k,i}(t-t_k)^{i-1} + \begin{bmatrix}\mathbf{a}_{k,0}\\ 0\end{bmatrix}$$

$$\mathbf{w}_r = \left[\mathbf{a}_{1,0}, \ldots, \mathbf{a}_{1,4}, \ldots, \mathbf{a}_{n,0}, \ldots, \mathbf{a}_{n,4}\right],$$

Solución

01

- Explicacion detallada pero accesible el modelado de Legged robots, basado en la tesis Optimization-based motion planning for legged robots.

02

- Se desglosan conceptos clave y herramientas matemáticas utilizadas en la planificación del movimiento facilitando la comprensión y aplicación del modelado para quienes deseen desarrollar robots de patas.

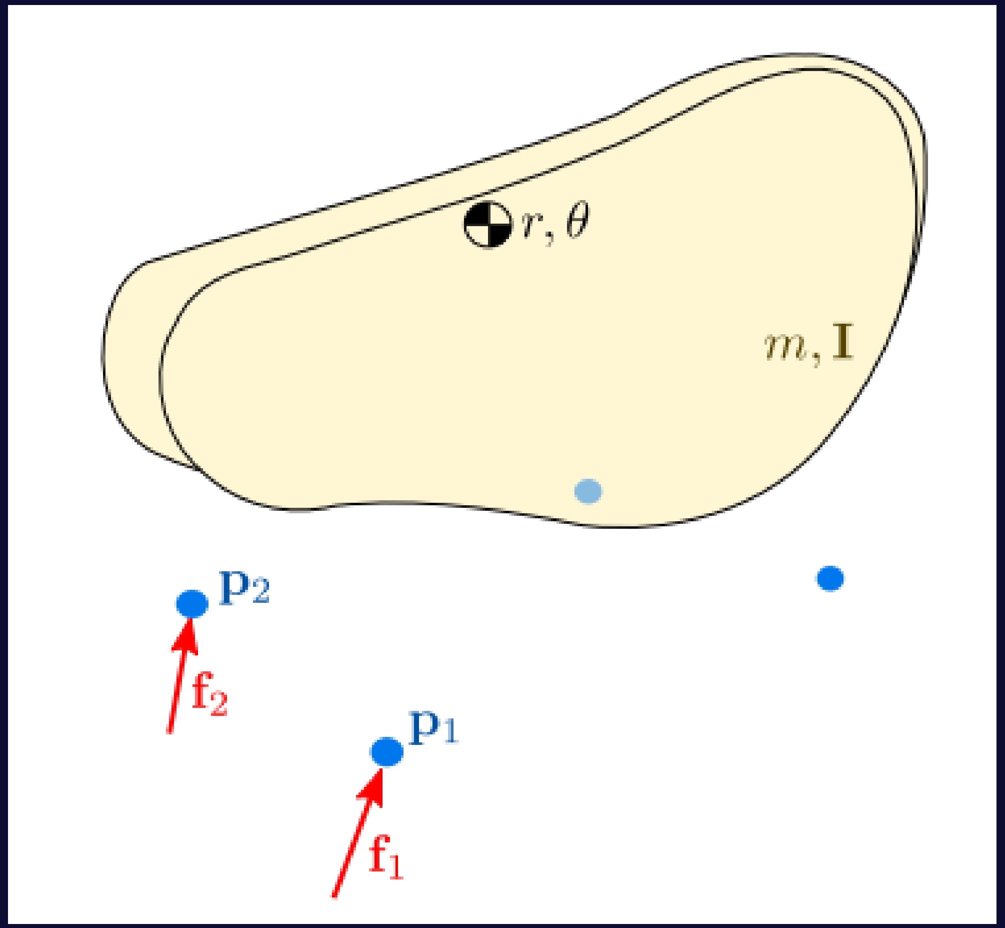
- ¿Qué significa?:

- ¿Por qué es útil?:

.1 Ejemplo

ıpongamos que un robot está caminando y su centro de masa (CoM) tiene guiente posición inicial y condiciones:

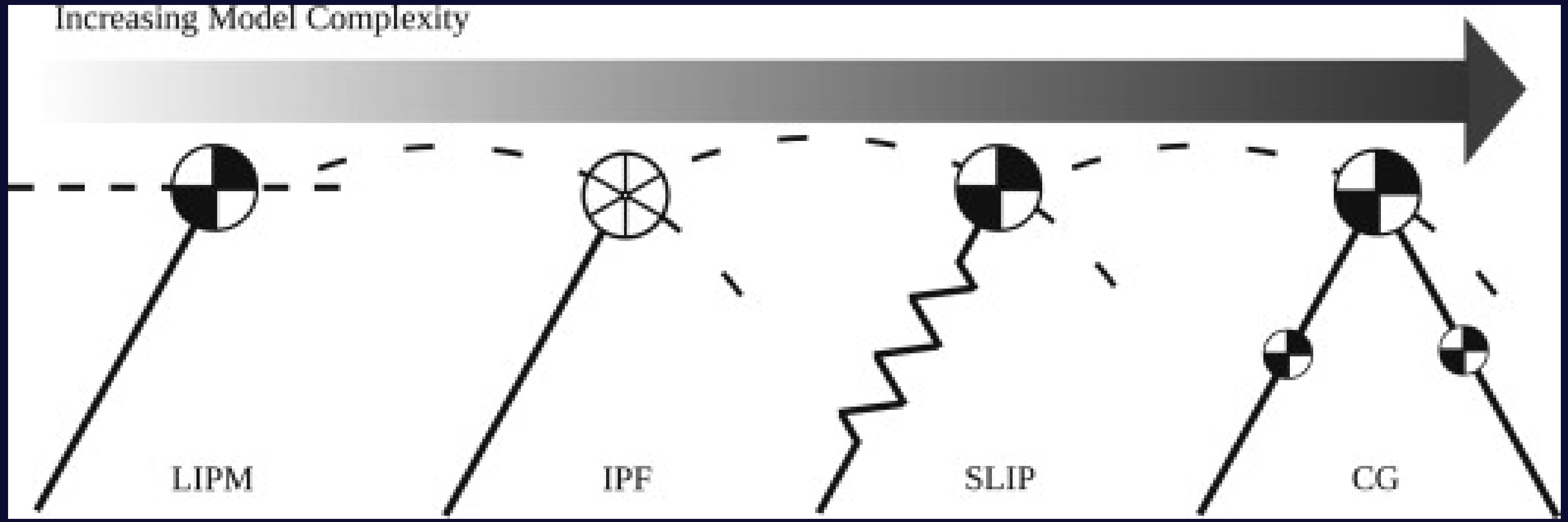
- $r_x(0) = 0.2\,\mathrm{m}$ (posición inicial del CoM en el eje x).
- $\dot{r}_x(0) = 0.1\,\mathrm{m/s}$ (velocidad inicial del CoM).
- La altura del CoM sobre el suelo es constante: $h = r_z - p_z = 1.0\,\mathrm{m}$.
- La gravedad es $g = 9.81\,\mathrm{m/s^2}$.
- El Centro de Presión (CoP) en el eje x es constante: $p_{c,x} = 0.0\,\mathrm{m}$.



Modelos fundamentales

01 Modelo del Péndulo Invertido Lineal (LIPM): simplificada para analizar el equilibrio y la planificación de trayectorias.

02 Dinámica de Cuerpo Rígido Simplificada (SRBD): Modelo que trata el robot como un solo cuerpo.



Simultaneous foothold and body optimization

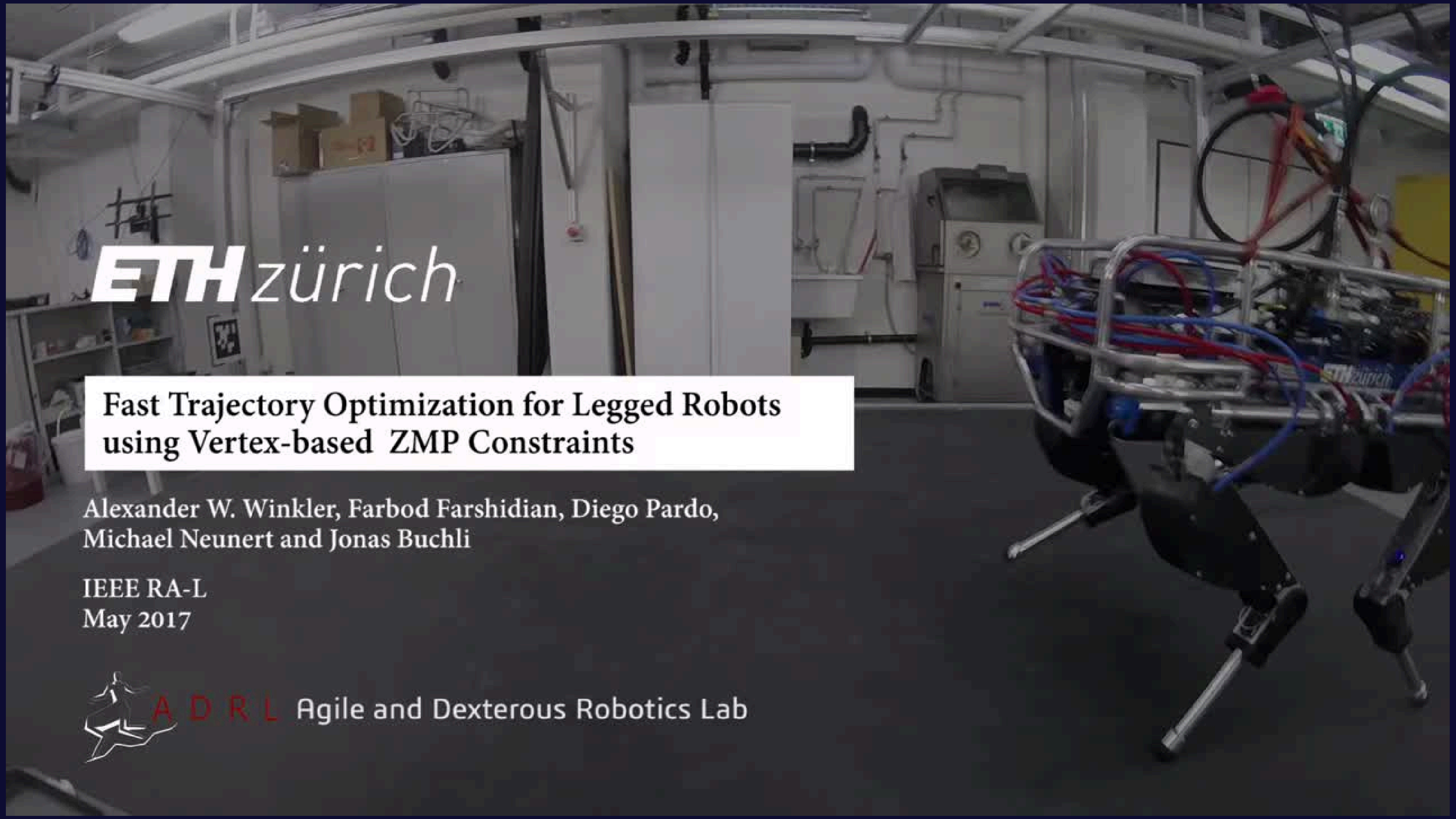
01

Se integra la planificación del movimiento del cuerpo y la determinaci´on de los puntos de apoyo en una unica formulación de optimizacion

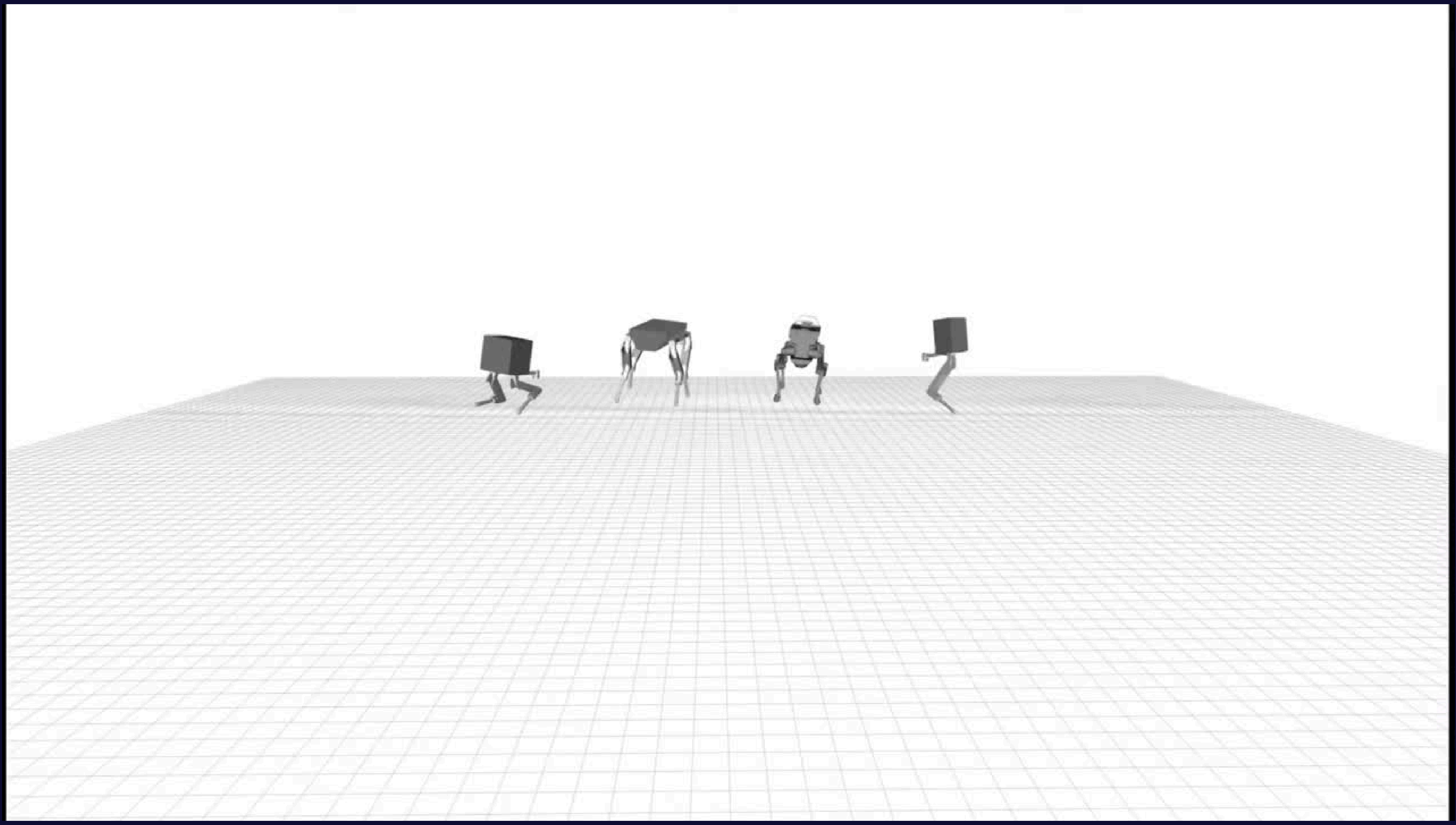
02

Aunque la inclusión simultánea de ambas variables hace que el problema sea no lineal, se demuestra que su solución puede tomar solamente mili segundos.

Vertex-based ZMP constraints



- Se introduce un metodo que modela los contactos no solo como areas (polígonos) sino que también abarca puntos y líneas de contacto mediante una representación basada en vértices.
- Se pueden generar de forma eficiente movimientos como caminar, trotar, saltar, caminar lentamente,



Gait and trajectory optimization

- Se reemplaza el modelo LIPM (que asume una altura constante del centro de masa) por el modelo de un solo cuerpo rígido (SRBD) en 6 dimensiones. Esto significa que el robot se modela como una única pieza que se mueve y rota en el espacio, considerando tres dimensiones para la posición (x, y, z) y tres para la orientación (roll, pitch, yaw).
- En lugar de resumir toda la interacción entre el robot y el suelo en un único punto, se evalúan las fuerzas que actúan en cada pie de manera completa, considerando sus componentes verticales y laterales.