

APLICACIÓN DUN SIMULADOR DE CONDUCCIÓN PARA O DESEÑO DE CONDUTORES VIRTUAIS

Autor:

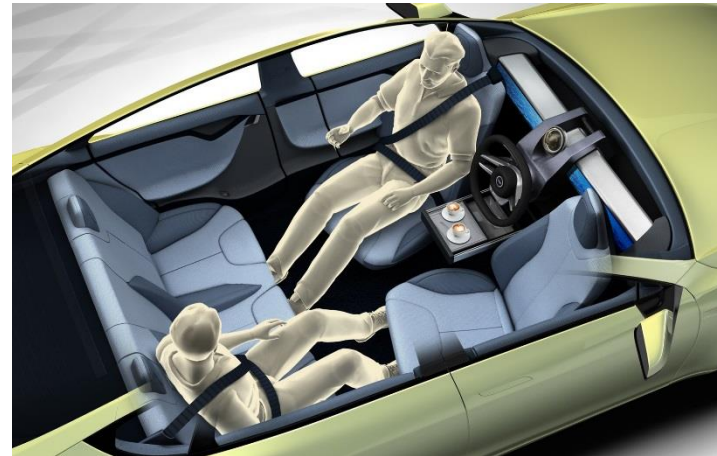
Manuel Carro Moreira

Titores:

Miguel Ángel Naya Villaverde, Francisco Javier González Varela

Que significa contar cun condutor virtual?

- Un controlador capaz de imitar as capacidades humanas de manexo e control
- Busca da automatización da conducción
- Converter o desprazamento nun vehículo nun pracer
- Futuro da industria automobilística

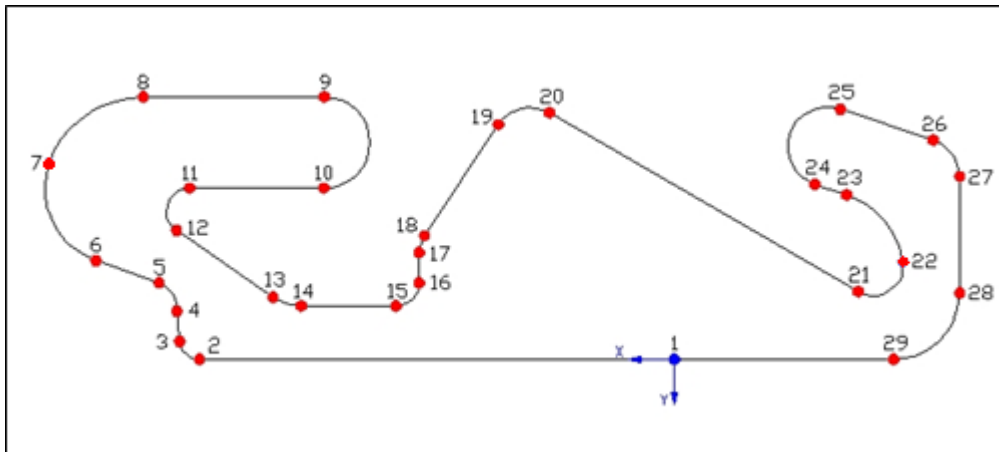


- **Mellorar a seguridade**
- **Aumentar o confort**
- **Incrementar a capacidade do tráfico**
- **Reducir a probabilidade de erros humanos**

Obxectivo

Aplicación dun simulador multicorpo para o deseño, axuste e avaliación de controladores.

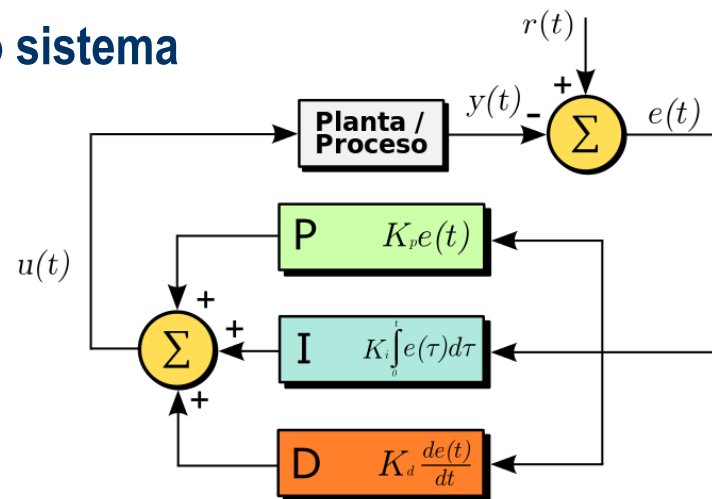
- Modelizar un circuito con rectas e curvas
- Definir e avaliar distintas estratexias de control
- Definir criterios de comparación



Controladores empregados

Basados en PIDs

- Lazo de control pechado
- Ganancia proporcional, derivativa e integral
- Erro actual, erros pasados e erros futuros
- Ecuacións diferenciais para describir o sistema
- Aparente dificultade de axuste



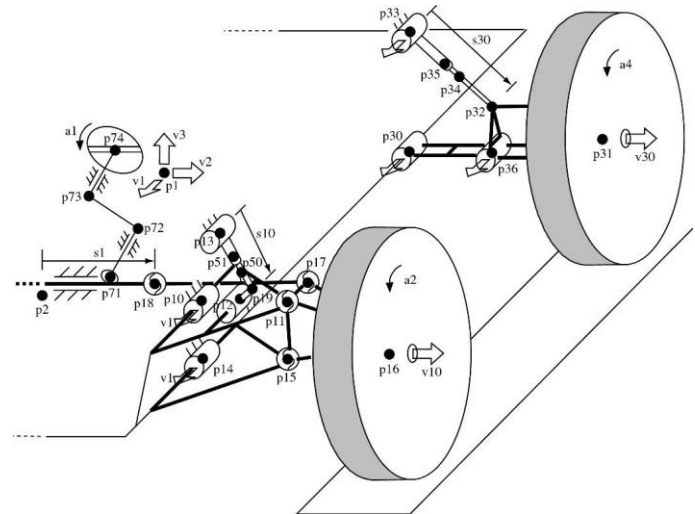
Lóxica borrosa

- Lazo de control pechado
- Funcións membro, operadores lóxicos e conxunto de regras
- Exprésase dun xeito natural, empregando conxuntos borrosos
- Cuantificadores “moito”, “moi” e “un pouco”
- Simplicidade, tanto conceptual como de desenvolvemento

- **Modelado completo dunha masa puntual recorrendo o circuíto de Cataluña**
 - Masa 1000 kg
 - Velocidade inicial 20 m/s
- $F = m\vec{a}$
- **Integrador Forward Euler semi-implícito:** $x(t+h) = x(t) + \dot{x}(t+h) \cdot h$
- **Variable de control: erro en posición**
- **Técnicas de control**

Simulador LIM

- Prototipo virtual
- Linguaxe Fortran
- Simulación en tempo real
- Máis axustado á realidade
- Coordenadas principais
 - P1 (Centro de gravidade)
 - V1 (Dirección de avance)
- Controlador ao xiro do volante



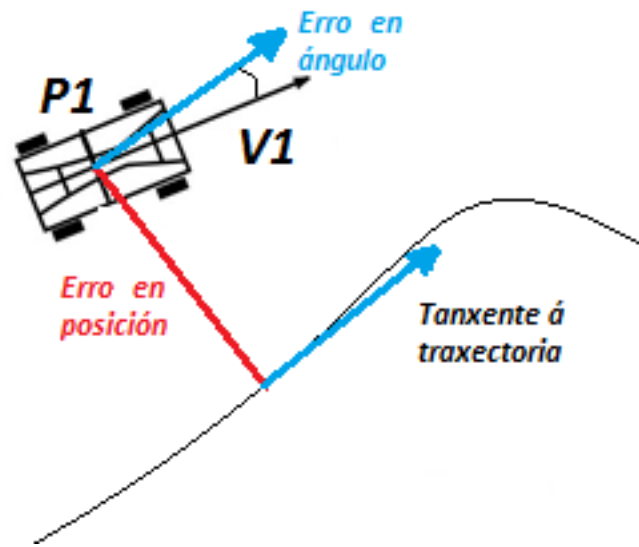
Variables de control

■ Erro de posición

- Distancia entre P1 e o punto de referencia da estrada en dirección normal a esta

■ Erro angular

- Ángulo de desfase entre V1 coa a dirección que leva a estrada



Simulaciones realizadas

- Reproducción do circuito de Cataluña
- Volta completa
- Controlador inicial que actúa no xiro do volante
- Base para a optimización dos novos controladores
- Resultados obtidos ao cabo da simulación: tempo por volta, erro de posición e erro angular
- Limitación no xiro máximo e na velocidade de xiro do volante



Controladores desenvolvidos

■ Basados en PIDs:

- PD: proporcional e derivativo ao erro de posición.
- PID: proporcional, derivativo e integral ao erro de posición
- PID + P: término proporcional engadido para o erro angular.
- PID + PD: término derivativo engadido ao erro angular.
- PID + P + FFW: engadido dunha compoñente “feed forward”.

■ Controladores borrosos:

- Borroso 1
- Borroso 2

■ Soamente mostraremos os resultados para os dous mellores controladores baseados en PIDs, e o mellor borroso.

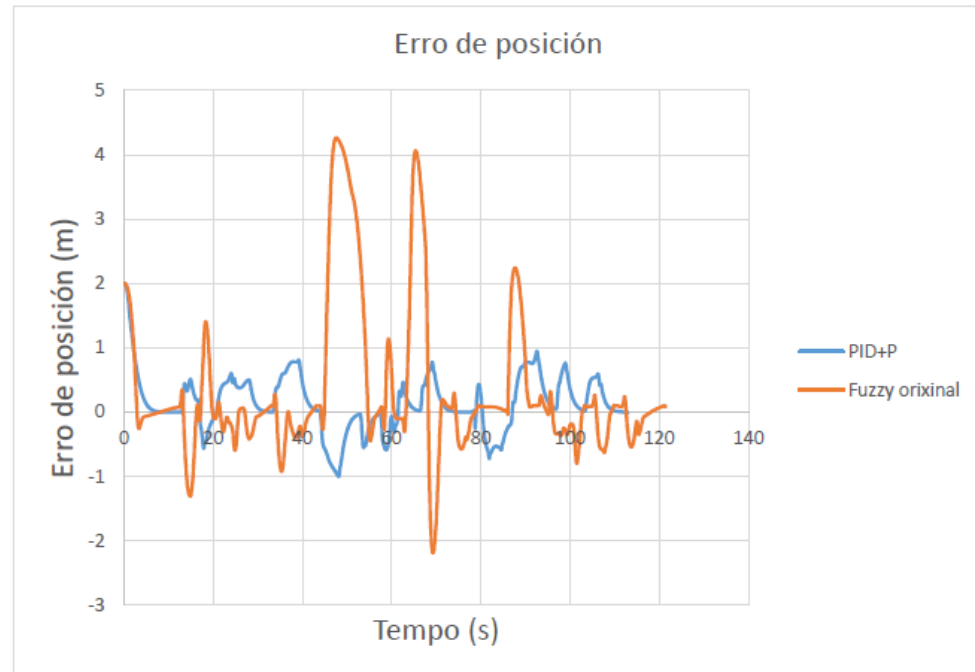
Criterios de comparación

- Erro de posición máximo obtido ao longo da volta
- Erro cuadrático medio
- Tempo por volta
- Controlador borroso orixinal

Controlador	Borroso orixinal
Tempo por volta (s)	121.44
Erro máximo (m)	4.26
Erro cuadrático medio (m)	1.23

Controlador PID + P

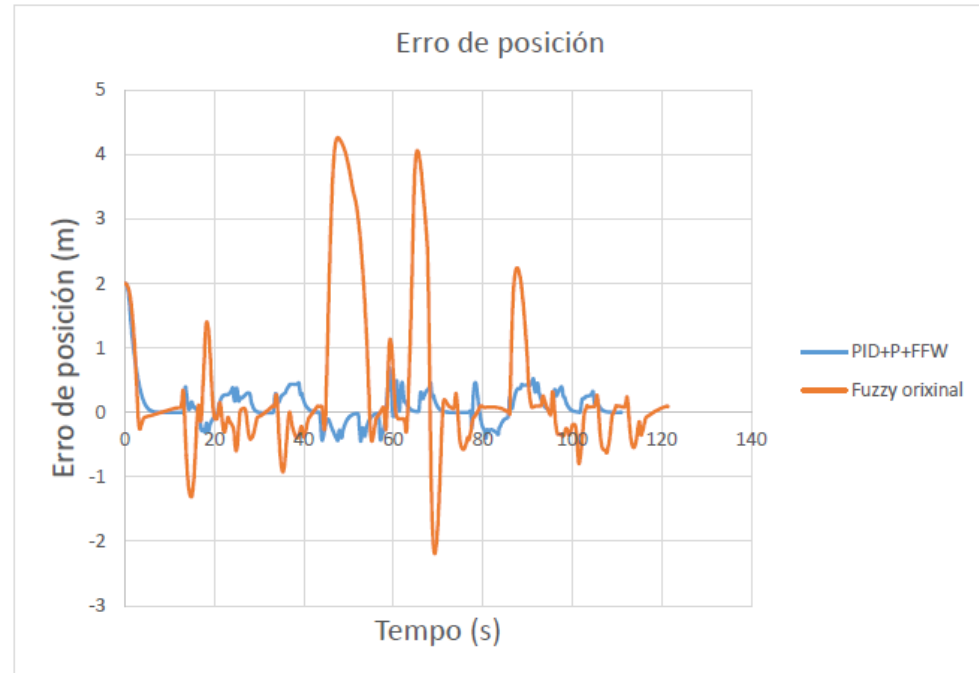
- Control proporcional, derivativo e integral ao erro de posición
- Control proporcional ao erro angular



Controlador	Borroso orixinal	PID + P
Tempo por volta (s)	121.44	112.98
Erro máximo (m)	4.26	1
Erro cuadrático medio (m)	1.23	0.46

Controlador PID + P + FFW

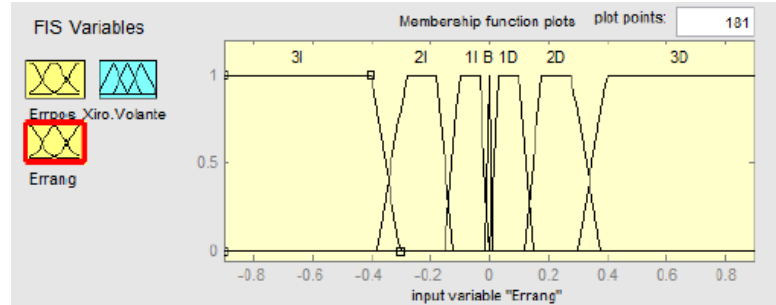
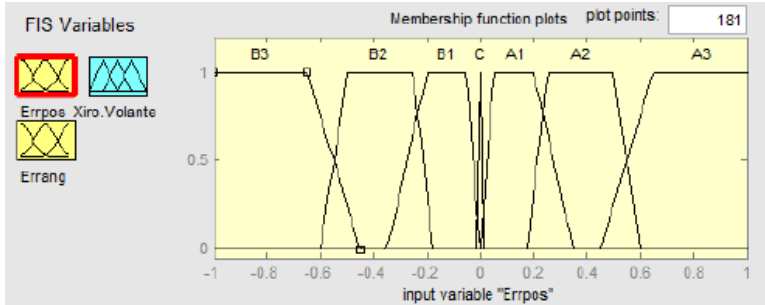
- Control proporcional, derivativo e integral ao erro de posición
- Control proporcional ao erro angular
- Término Feed Forward
 - $FFW = m_{recta} \cdot c$



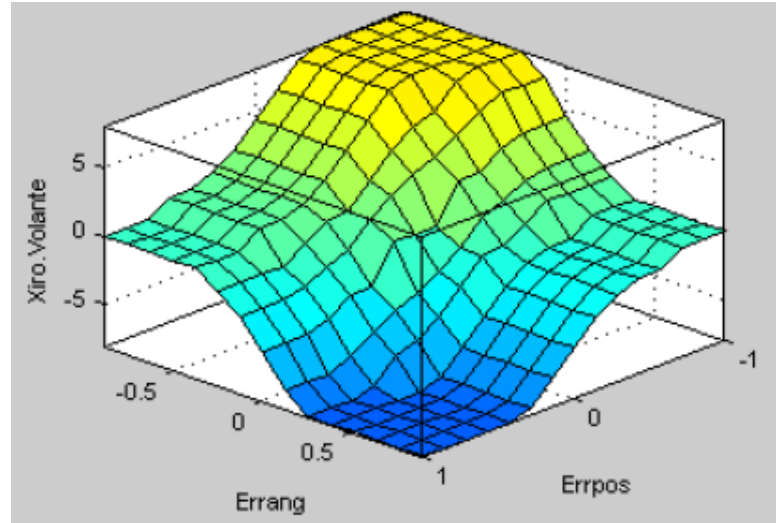
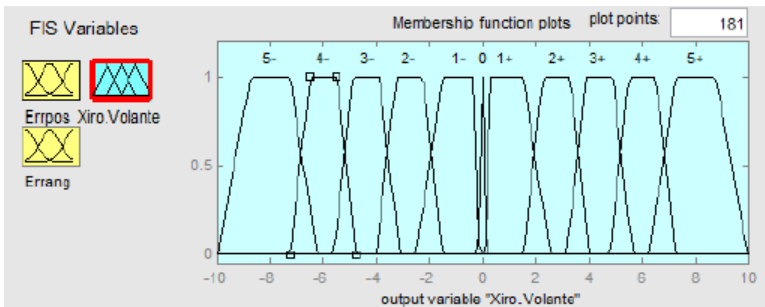
Controlador	Borroso orixinal	PID + P
Tempo por volta (s)	121.44	111.09
Erro máximo (m)	4.26	0.70
Erro cuadrático medio (m)	1.23	0.32

Controlador borroso 2

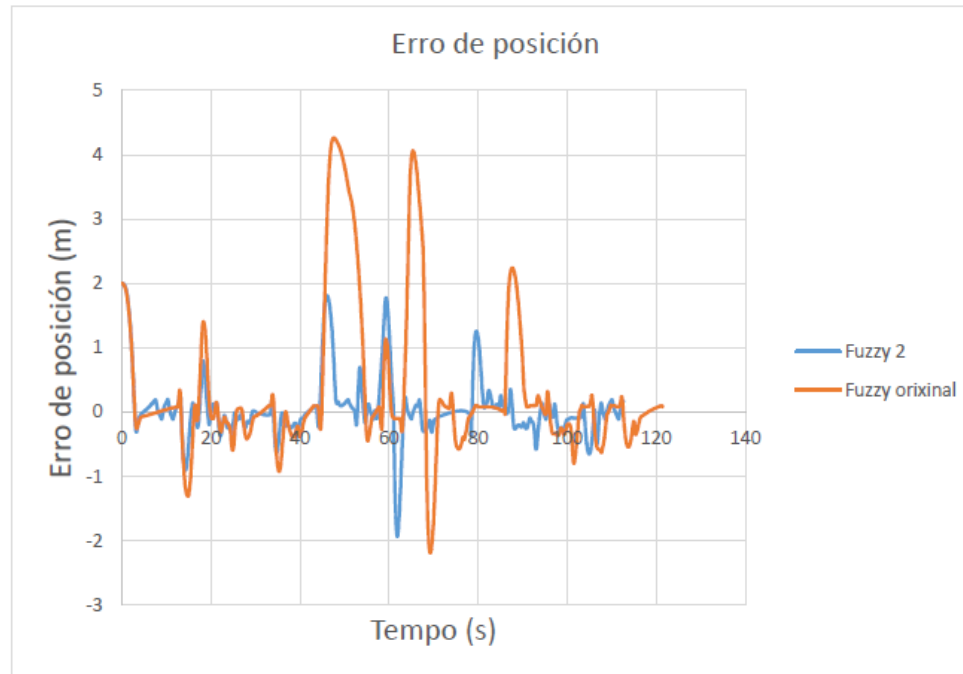
- Entradas: erro en posición, erro angular



- Salida: xiro do volante



Controlador borroso 2



Controlador	Borroso orixinal	Borroso 2
Tempo por volta (s)	121.44	112.71
Erro máximo (m)	4.26	1.93
Erro cuadrático medio (m)	1.23	0.5

Comparación dos controladores

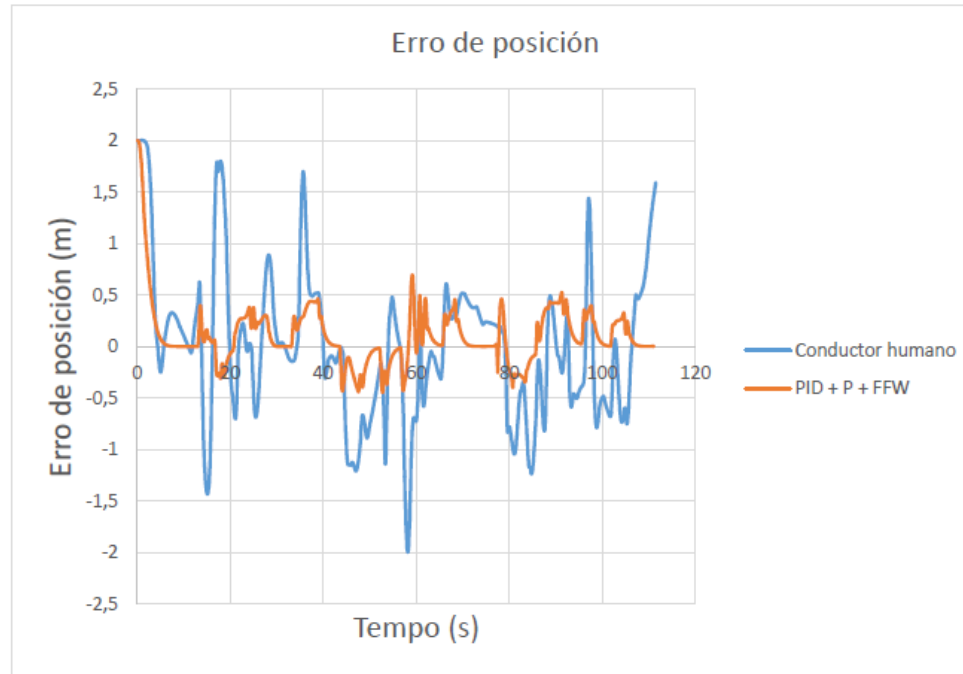
Controlador	Borroso orixinal	PID + P	PID + P + FFW	Borroso 2
Tempo por volta (s)	121.45	112.98	111.09	112.71
Erro máximo (m)	4.26	1.00	0.7	1.93
Erro cuadrático medio (m)	1.23	0.46	0.32	0.5

Comparación dos controladores

- Aumento da velocidade máxima do prototipo
- Erro máximo permitido de 2 m

Controlador	Borroso orixinal	PID + P	PID + P + FFW	Borroso 2
Tempo por volta (s)	121.45	104.3	104.37	111.57
Aumento da velocidade (%)	0.0	15.2	15.2	3.0
Erro máximo (m)	4.26	2.00	2.00	2.00
Erro cuadrático medio (m)	1.24	0.49	0.53	0.57

Comparación con conductor humano



Controlador	Conductor humano	PID + P + FFW
Tempo por volta (s)	111.52	111.09
Erro máximo (m)	1.99	0.70
Erro cuadrático medio (m)	0.72	0.32

Conclusións

- Desenvolvéronse sete controladores distintos e implementáronse no simulador de Fortran.
- Todos os algoritmos de control realizados permiten que o vehículo leve a cabo un seguimento de traxectoria aceptable en todos os tramos do circuíto. Melloran notablemente a actuación.
- A vantaxe dos controladores baseados en PIDs foi a súa facilidade de axuste e a mellora de resultados.
- De todos os controles desenvolvidos, o que mellor resultado deu foi o “PID + P + FFW” xa que é o que consegue menor erro máximo, menor erro cuadrático e menor tempo de volta.
- Resultados excelentes fronte a un condutor humano.

- Estudar o comportamento do sistema fronte a perturbacións externas nun sistema real.
- Analizar a relación entre o xiro do volante e o radio de xiro do vehículo, xa que no simulador é unha relación totalmente lineal.
- Considerar outras variables de entrada alternativas dos controladores (coñecemento total do circuito, aceleración do prototipo).
- Desenvolver outras técnicas de controladores: redes neuronais, algoritmos xenéticos...

Gracias pola súa atención

