

Tarea 2 Aprendizaje

Jorge Felipe Gaviria Fierro - 201631161

Juan David Medina Tobón - 201631536

Eloy Andrés Briceño Moreno - 201811025

Universidad de los Andes

Index Terms—MPC, ROV, AUV

I. INTRODUCCIÓN

En este documento se busca controlar la trayectoria de un Autonomous underwater vehicle (AUV) utilizando un modelo de control predictivo. Para realizar esto, se utiliza el modelo planteado en el artículo 1. El marco de referencia que utiliza este artículo y nosotros para llevar a cabo el control predictivo es el siguiente:

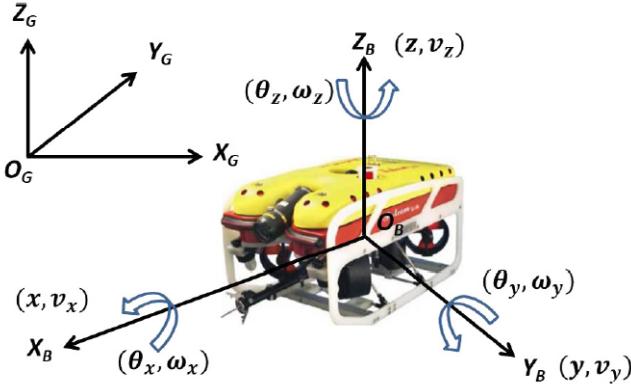


Figura 1: Marco de referencia del AUV

Las entradas del sistema corresponden a las fuerzas que son aplicadas al sistema, estas se muestran a continuación y corresponden a las fuerzas que actúan con respecto a las velocidades lineales y angulares en x, y, z respectivamente:

$$\tau = [F_{v_x}, F_{v_y}, F_{v_z}, F_{\omega_x}, F_{\omega_y}, F_{\omega_z}]^T$$

Las salidas del sistema y, aquello que se busca controlar, son la trayectoria, la posición angular, las velocidades lineales y angulares del AUV. El sistema está compuesto también por 36 restricciones. Las restricciones están asociadas a las dimensiones del espacio en el cual el AUV se puede desplazar, las restricciones máximas y mínimas de velocidad lineal y angular asociados a la fuerza que pueden ejercer los motores (estas restricciones fueron basadas en motores de BlueRobotics), Por tanto, en total se tienen 6 entradas, 12 variables de estado y 36 restricciones.

II. PROCEDIMIENTO

Para realizar el control predictivo se siguieron los siguientes pasos:

- Se implementa un sistema de simulación que nos permita verificar la trayectoria que conduciría el AUV dadas las variables de entradas impuestas sobre el mismo.
- Posteriormente, se linealiza el sistema. Esto se realiza igualando las las variables que representan la posición angular y lineal a cero. Lo anterior, debido que en este caso se tiene un mayor número de variables que ecuaciones para linealizar alrededor de un punto.
- A continuación, se determina la ecuación de estado la cual es discretizada de acuerdo con los puntos de equilibrio anteriormente determinados y definiendo también un tiempo de muestreo. Para determinar si lo anterior fue realizado correctamente y que la ecuación de estado de manera correcta aquello que ocurre en el sistema, se grafica el modelo no linealizado contra el modelo linealizado (con la ecuación de estado) dadas unas fuerzas cercanas a los valores de linealización dados, obteniendo la siguiente gráfica en donde se evidencia una buena correlación entre el sistema linealizado y no linealizado para la distancia recorrida en x.

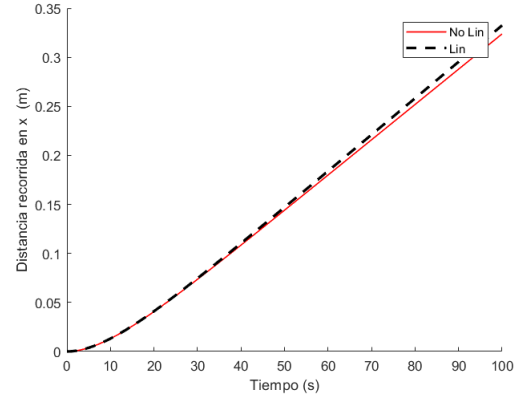


Figura 2: Ecuación de estado linealizada vs modelo no linealizado

- Por último, se plantea el controlador MPC y se simula la acción del controlador para el sistema con y sin perturbaciones debido a olas. Cabe resaltar que para realizar diferentes simulaciones de la acción de control, se realizaron simulaciones tratando de únicamente controlar las diferentes posiciones en una trayectoria dada y sin controlar velocidades. Mas sin embargo, generalmente se quería que a cada trayectoria el AUV llegara con velocidades lineales y angulares cercanas a cero debido a que el sistema fue linealizado alrededor de estos valores.

Las perturbaciones que en algunas ocasiones fueron implementadas al sistema se muestran a continuación:

$$\begin{cases} dx = 0.4 * randn(1) \text{ m/s} \\ dy = 0.3 * randn(1) \text{ m/s} \\ dz = 0.2 * randn(1) \text{ m/s} \end{cases}$$

the second is an ocean current disturbance defined as

$$\begin{cases} dx = -0.2 \text{ m/s} \\ dy = 0.2 \text{ m/s} \\ dz = 0.2 \text{ m/s}, \end{cases}$$

and the third is an ocean wave disturbance defined as

$$\begin{cases} dx = -0.35 \cos(t\pi/8) \text{ m/s} \\ dy = 0.35 \cos(t\pi/8) \text{ m/s} \\ dz = 0.3 \cos(t\pi/8) \text{ m/s} \end{cases}$$

III. RESULTADOS

$$\tau = [F_{v_x}, F_{v_y}, F_{v_z}, F_{\omega_x}, F_{\omega_y}, F_{\omega_z}]^T$$

Figura 3: Entradas del sistema en forma de vector

Para simular el desempeño del controlador MPC se diseñaron diferentes casos de estudio. Estos incluyen 3 diferentes trayectorias y las 3 clases de perturbaciones anteriormente mencionadas. A continuación se presentan los resultados de la trayectoria que generó el controlador junto con aquellas de referencia para los casos en los que se incluyeron perturbaciones y en los que no.

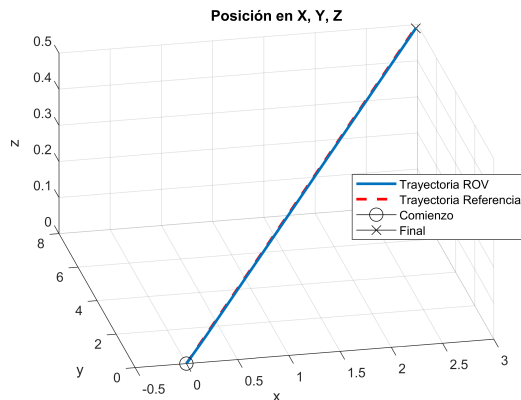


Figura 4: Trayectoria 1 Sin Perturbaciones

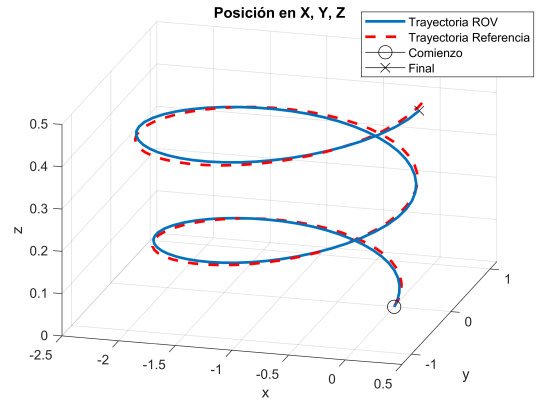


Figura 5: Trayectoria 2 Sin Perturbaciones

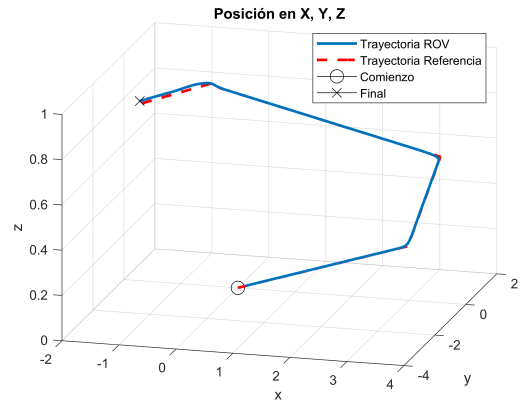


Figura 6: Trayectoria 3 Sin Perturbaciones

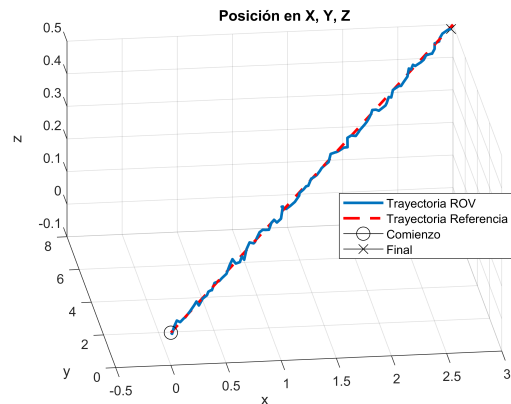


Figura 7: Trayectoria 1 Con Perturbaciones

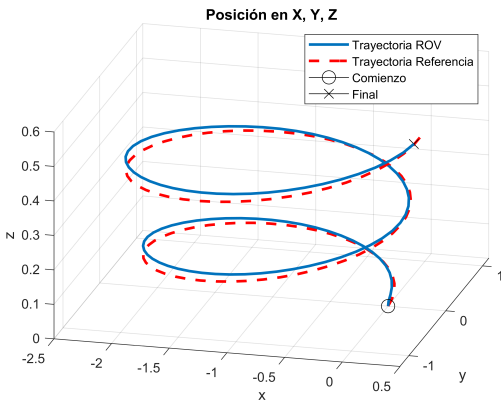


Figura 8: Trayectoria 2 Con Perturbaciones

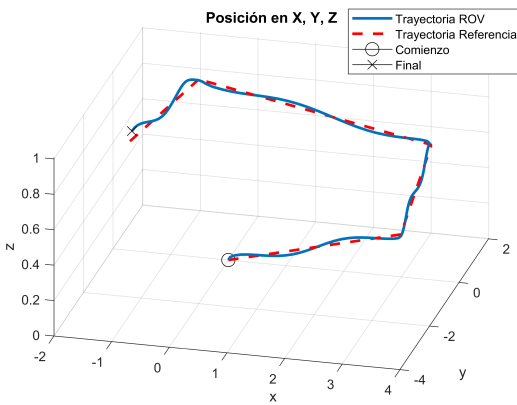


Figura 9: Trayectoria 3 Con Perturbaciones

IV. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos al utilizar el MPC se pudo concluir:

- El control por modelo predictivo, permitió controlar el movimiento del AUV con un error respecto a la referencia casi nulo. Cabe destacar que lo anterior, se cumple siempre que las entradas utilizadas fueran cercanas al punto de equilibrio bajo el cual se linealizó.
- Al aumentar el horizonte de predicción utilizado en el MPC, el costo computacional del método, aumentaba considerablemente y los resultados obtenidos no tendían a tener una gran diferencia. A pesar de poder predecir una cantidad de pasos en el futuro, llega un punto en el que la predicción del MPC difiere de la trayectoria y real. Debido a lo anterior, se prefirió utilizar un horizonte de predicción de 10 y no uno mayor.
- En el momento en que se añadieron perturbaciones al sistema, el error existente entre la trayectoria de referencia y la trayectoria simulada del AUV aumentó; el MPC intentaba corregir las perturbaciones existentes en el modelo. En base a lo anterior, la trayectoria simulada del AUV lograba seguir la forma de la referencia oscilando levemente alrededor de esta. Con el fin de aumentar

la robustez del controlador, se varió los valores de las matrices Q y R de tal forma que el controlador buscara mejorar el seguimiento de la referencia dada.

V. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Yongding Zhang, Xiaofeng Liu, Minzhou Luo & Chenguang Yang. (2019). MPC-based 3-D trajectory tracking for an autonomous underwater vehicle with constraints in complex ocean environments.