

Proyecto Final

1. Objetivos

- Integrar los conocimientos en programación de microcontroladores, adquisición de información por medio de sensores, control de actuadores, planificación de tareas y ROS.
- Generar un prototipo que permita atisbar potenciales aplicaciones industriales y académicas de alto impacto.
- Consolidar una metodología base de construcción y documentación de proyectos mecatrónicos.

2. Antecedentes

Tanto en la academia como en la industria y en especial en la robótica de servicio existen diversas soluciones basadas en la operación de robots móviles autónomos con locomoción del tipo diferencial. Esta configuración permite a las plataformas móviles desplazarse ágilmente ya sea dentro del hogar para tareas de limpieza como en grandes áreas de trabajo industriales en las que los principales desafíos son optimizar la logística.



Fig. 1. Ejemplos de aplicación: a) iRobot Roomba, b) Amazon Robotics.

Los robots del tipo diferencial se caracterizan por tener un eje con dos ruedas de tracción independiente (además de uno o más puntos de apoyo). La rotación (y velocidad lineal) combinada de ambas ruedas permite diversos tipos de movimientos, tanto rectos como giratorios ya sea alrededor del punto central del eje de las ruedas o a lo largo de segmentos de arco con un radio de curvatura variable.

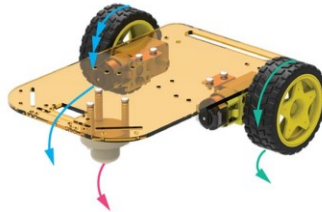


Fig. 2. Robot diferencial: La rotación ocurre cuando las ruedas se desplazan a velocidades diferentes y/u opuestas.

3. Aspectos técnicos

El modelo dinámico del robot considera la velocidad angular que se debe aplicar a cada una de las ruedas (izquierda y derecha) como una relación algebraica entre la posición final (deseada) y la posición actual cada de manera virtualmente continua que se realiza una evaluación del algoritmo. Este modelo controla tanto la posición cartesiana (localización), como la posición angular (orientación) por lo que permite trayectorias curvas libres para llegar de un punto a otro del área de trabajo. El algoritmo puede también segmentarse para ejecutar únicamente trayectorias rectas de avance y/o giros sin desplazamiento de manera alternada en el caso trayectorias rectangulares. El modelo de velocidad lineal para las ruedas se presenta a continuación:

$$\begin{bmatrix} \phi_L \\ \phi_R \end{bmatrix} = \frac{1}{r} \begin{bmatrix} 1 & -L/2 \\ 1 & L/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix}$$

$$v = \alpha \cdot e_d = a(\vec{r}_f - \vec{r}_i)$$

$$\omega = \beta \cdot e_\theta = \beta(\vec{\theta}_f - \vec{\theta}_i)$$

Dónde: ϕ es la velocidad lineal de cada rueda, r es el radio de la rueda, L es la distancia entre ruedas a lo largo del eje que las une, v es la velocidad lineal del móvil, ω es la velocidad angular del móvil, r y θ son los vectores de posición y posición angular respectivamente, ya sea actuales o finales (deseados), e es una estimación del error en distancia o ángulo y α y β son parámetros de ajuste.

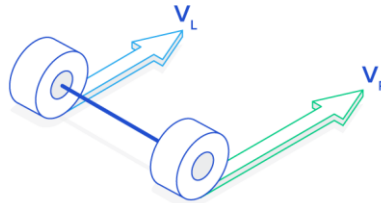


Fig. 3. Velocidad lineal de las ruedas.

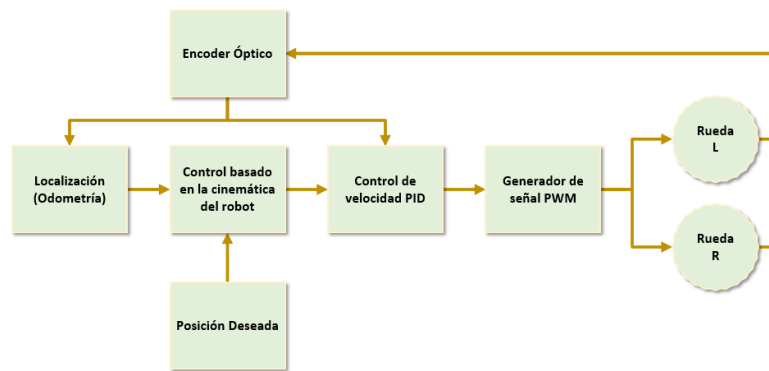


Fig. 4. Esquema de control propuesto.

4. Implementación

a. Robot móvil

- Dos motorreductores y dos ruedas.
- Un tercer punto de apoyo.
- Encoder óptico para las medir la velocidad las ruedas.
- Módulo Arduino a bordo para la implementación de un controlador de velocidad PID
- Comunicación inalámbrica a bordo
- Baterías a bordo.

b. Comunicación

- Debe ser inalámbrica a través de módulos XBee entre una PC y el módulo Arduino.
- La PC deberá publicar a través de ROS instrucciones referentes a la trayectoria y comandos de velocidad.
- Arduino deberá suscribirse a los tópicos de comandos y publicar datos de odometría.
- Cada equipo deberá realizar sus nodos y scripts correspondientes.
- El nodo central para la tarea colaborativa puede ser realizado de manera grupal.

c. ROS

- El nucleo de ROS se ejecutará en una única PC.
- Se busca que los diferentes scripts de cada equipo así como el central para la tarea cooperativa puedan ser ejecutados desde la PC central a través de git.
- Las acciones de control deberán calcularse mediante un script que ha de ejecutarse en la PC a través de ROS.
- El resultado de cada acción de control se publicará a través de ROS y se transmitirá de manera inalámbrica a los nodos móviles.

d. **Equipos**

- Cada equipo de dos integrantes se hará cargo de un robot móvil y participará en la generación de las trayectorias, así como de los scripts y nodos necesarios para la tarea cooperativa.

5. **Procedimientos**

- a. **Trayectoria rectangular:** Se realiza una trayectoria rectangular a lo largo de las aristas de un cuadrado de 2 metros por lado. Se evalúan el error absoluto final de posición al punto de inicio al finalizar la rutina y la semejanza de la trayectoria a un cuadrilátero.

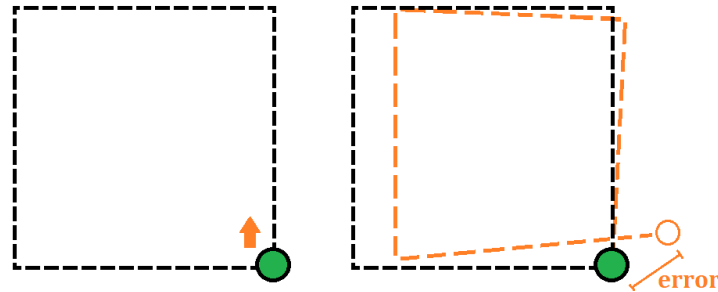


Fig. 5. Trayectoria rectangular.

- b. **Trayectoria curva:** Se realiza una trayectoria curva continua a lo largo de la circunferencia de un círculo de radio de 1 m de radio. se evalúan el error absoluto final de posición al punto de inicio al finalizar la rutina y la semejanza de la trayectoria a un círculo.

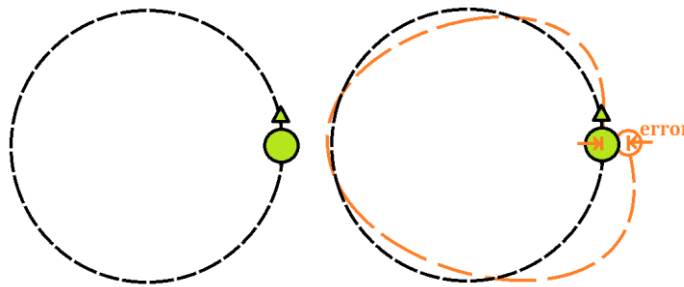


Fig. 6. Trayectoria circular

- c. **Trayectorias cooperativas:** Se planificará y ejecutará una trayectoria de intercambio de posición simultánea. Los móviles que se encuentren en las posiciones iniciales del cuadrante izquierdo en la zona de trabajo deberán pasar a alguna de las posiciones finales del cuadrante derecho y viceversa. Todos los móviles deben comenzar a operar simultáneamente independientemente de la longitud total de su trayectoria. Se evaluará la posición final del móvil (centrado dentro del recuadro) y se penalizarán choques o interferencias con la trayectoria de otros móviles.

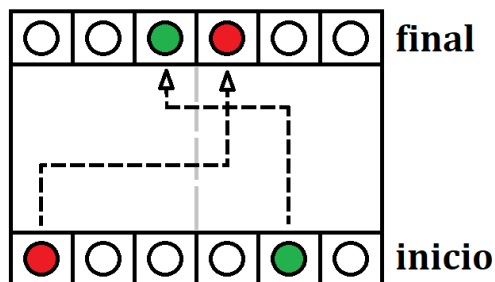


Fig. 7. Trayectoria cooperativa, ejemplo de posicionamiento.

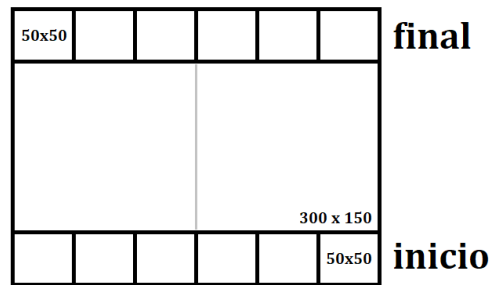


Fig. 8. Dimensiones del área de trabajo en centímetros.

6. Evaluación

proyecto final = reporte + prototipo = 100 puntos
reporte final = 30 puntos
prototipo → tray rectangular + tray circular + tray coop = 70 puntos
trayectoria rectangular = 20 puntos
trayectoria circular = 20 puntos
trayectoria cooperativa = 30 puntos
proyecto final → 50% calificación laboratorio
calificación laboratorio → 25% calificación final

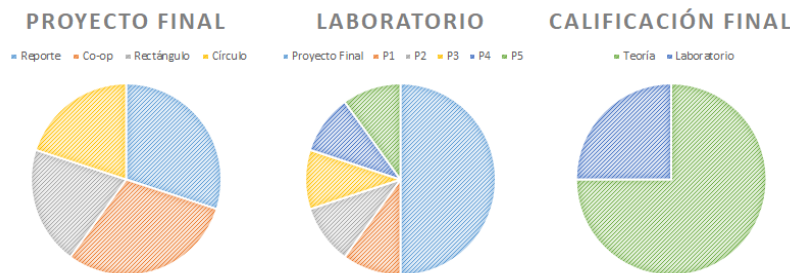


Fig. 9. Evaluación.

7. Estructura del reporte

El reporte de la práctica de laboratorio debe incluir bajo el formato a dos columnas de conferencia IEEE (https://www.ieee.org/conferences_events/conferences/publishing/templates.html) lo siguiente:

Resumen (abstract), Introducción, Marco Teórico, Desarrollo, Resultados, Conclusiones y Referencias

Incluyendo los puntos resaltados durante los procedimientos de la práctica.

8. Referencias

- Arduino reference
<https://www.arduino.cc/reference/en/>
- ROS
<https://www.ros.org>
- ROS Tutorials
https://wiki.ros.org/ROS/Tutorials#ROS_Tutorials