Nombre de la materia:	Robótica Móvil I
Clave:	IA7740-T
No. de horas/semana:	3
Total de horas:	48
No. de créditos:	6
Prerrequisitos:	Cálculo IV (CB0003-T), Programación de Computadoras (CI0000-T)

Objetivo general: Identificar los principales aspectos de la robótica móvil desde una perspectiva computacional. Conocer los componentes básicos utilizados en la construcción de robots móviles sencillos: sensores, actuadores, microcontroladores, etc. Aplicar algoritmos para resolver problemas del área de robótica móvil, utilizando robots móviles disponibles en el Laboratorio de Robótica.

Contribución a los atributos de egreso y su nivel de aportación

- **AE1.** Aplicar los conocimientos de ingeniería adquiridos durante sus estudios para elaborar proyectos de ingeniería que resuelvan problemas específicos. **(Avanzado)**
- **AE2.** Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería mediante un pensamiento crítico y asertivo, basados en los principios de ciencias básicas e ingeniería. **(Avanzado)**

Programa sintético

1. Introducción a la robótica móvil ..... 2 hrs.
2. Breve revisión de conceptos básicos de mecánica, circuitos y electrónica. ..... 4 hrs.
3. Tipos de locomoción. Cinemática de locomoción diferencial ..... 4 hrs.
4. Sensores y actuadores comunes. ..... 4 hrs.
5. El robot móvil de prácticas, componentes y conexiones. ..... 2 hrs.
6. Uso de microcontroladores en robótica. ..... 8 hrs.
7. Control de motores de corriente directa en lazo abierto. ..... 2 hrs.
8. Operación de los encoders en cuadratura acoplados al motor. ..... 2 hrs.
9. Evaluación de Proyecto 1 ..... 2 hrs.
10. Sensores de distancia láser de tiempo de vuelo ..... 2 hrs.
11. Ejemplo de un robot reactivo sencillo. ..... 2 hrs.
12. Ejemplo de un robot seguidor de pared. ..... 4 hrs.
13. Estrategias de construcción del mapa de un robot en un laberinto. ..... 8 hrs.
14. Evaluación de Proyecto 2 ..... 2 hrs.

Total: 48 hrs.

Programa desarrollado

1. Introducción a la robótica móvil ..... 2 hrs.
   1.1 Definición de un robot

1.2 Tipos de robots: robots móviles, brazos manipuladores; robots reactivos, deliberativos e híbridos; robots telecontrolados y autónomos, etc.

1.3 Ambientes donde se utilizan los robots móviles.

1.4 Motivación del curso.

2. Breve revisión de conceptos básicos de mecánica, circuitos y electrónica. ..... 4 hrs.

2.1 Vectores y sus operaciones. Vectores de velocidad y aceleración. Leyes de Newton. Fuerzas de fricción. Trabajo y Potencia. Movimiento de rotación.

2.2 Circuitos eléctricos. Conceptos de carga, corriente y voltaje. Leyes de Kirchhoff. Potencia, resistencia y ley de Ohm. Leds. Capacitores e inductores.

2.3 El sistema binario y hexadecimal. Operaciones lógicas. Operaciones lógicas a nivel de bits.

3. Tipos de locomoción. Cinemática de locomoción diferencial ..... 4 hrs.

3.1 Tipos de locomoción: ruedas, patas, hélices, etc.

3.2 Cinemática de un robot de locomoción diferencial.

3.2.1 Deducción de la ecuaciones de la posición y orientación del robot.

3.3 Práctica 1. Cinemática directa de un robot simulado de locomoción diferencial, usando Octave.

4. Sensores y actuadores comunes. ..... 4 hrs.

4.1 Sensores externos e internos del robot (sonares, inerciales, temperatura, etc.).

4.2 Sensores de luz láser por triangulación y de medición de tiempo de vuelo.

4.3 Encoders sencillos y en cuadratura.

4.4 Escáner láser de 360 grados en un plano y en 3D.

5. El robot móvil de prácticas, componentes y conexiones. ..... 2 hrs.

5.1 Componentes del robot.

5.2 Conexiones entre los componentes.

6. Uso de microcontroladores en robótica. ..... 8 hrs.

6.1 El microcontrolador ESP32.

6.2 El ambiente de desarrollo IDE utilizando el lenguaje C++.

6.3 Entradas y salidas del microcontrolador

6.4 El sistema operativo FreeRTOS. Manejo de procesos.

6.5 Uso de una pequeña pantalla monocromática, un led y un botón como interfase de usuario.

6.6 Clases de C++ que implementan la interfase.

6.7 Práctica 2. El microcontrolador ESP32 y su ambiente de desarrollo.

6.8 Práctica 3. Entrada y salida utilizando el microcontrolador ESP32.

6.9 Práctica 4. El sistema operativo de tiempo real FreeRTOS del ESP32. Manejo de tareas. .

6.10 Práctica 5. Uso de la pantalla monocromática del ESP32

7. Control de motores de corriente directa en lazo abierto. ..... 2 hrs.

7.1 Control de velocidad y dirección utilizando un puente H y el esquema PWM.

7.2 Tarjeta (driver) que implementa un puente H.

7.3 Generación de señales PWM usando el microcontrolador.

7.4 Clase de C++ que implementa el esquema PWM de los motores del robot.

7.5 Práctica 6. Control de velocidad de un motor de CD en lazo abierto.

8. Operación de los encoders en cuadratura acoplados al motor. ..... 2 hrs.
   - 8.1 Operación de los encoders en cuadratura acoplados al motor.
   - 8.2 Control de velocidad PID de un motor, utilizando un encoder en cuadratura acoplado al motor.
   - 8.3 Estimación experimental de las constantes de control.
   - 8.4 Práctica 7. Lectura de encoders en cuadratura.
   - 8.5 Práctica 8. Control PID para avance en línea recta.
9. Evaluación de Proyecto 1 ..... 2 hrs.
10. Sensores de distancia láser de tiempo de vuelo ..... 2 hrs.
    - 10.1 Características del sensor VL6180X.
    - 10.2 Lectura en serie y en paralelo de un grupo de sensores VL6180X.
    - 10.3 Configuración de los sensores para lecturas rápidas.
    - 10.4 Clase de C++ que implementa la lectura de sensores láser.
11. Ejemplo de un robot reactivo sencillo. ..... 2 hrs.
    - 11.1 Esquema de control para el avance del robot en línea recta.
    - 11.2 Implementación de avance, retroceso y giro en el robot.
    - 11.3 Clase de C++ que implementa las acciones de movimiento.
    - 11.4 Práctica 10. Un robot móvil que deambula.
12. Ejemplo de un robot seguidor de pared. ..... 4 hrs.
    - 12.1 Manejo de la incertidumbre en las mediciones de los sensores.
    - 12.2 Estimación de la distancia y orientación de una pared.
    - 12.3 Algoritmos de control para seguimiento de pared.
    - 12.4 Clases de C++ que implementa el seguimiento de pared.
    - 12.5 Práctica 11. Un robot seguidor de pared.
13. Estrategias de construcción del mapa de un robot en un laberinto. ..... 8 hrs.
    - 13.1 Manejo de la incertidumbre en los actuadores y sensores del robot. Reducción de la complejidad en la tarea de resolver un laberinto.
    - 13.2 Construcción de mapas métricos de celdas.
    - 13.3 Construcción de mapas topológicos.
    - 13.4 Planeación de trayectorias utilizando el mapa construido.
14. Evaluación de Proyecto 2 ..... 2 hrs.

Bibliografía básica:

Leonardo Romero Muñoz y Moisés García Villanueva. Notas de robótica móvil.

Gregory Dudek and Michael Jenkin. Computational Principles of Mobile Robotics. 2nd ed. Cambridge University Press. 2010.

Roland Siegwart, Illah R. Nourbakhsh, Davide Scaramuzza. Introduction to Autonomous Mobile Robots. 2nd ed. The MIT Press, 2011.

Bibliografía complementaria:

- Wyatt S. Newman. A Systematic Approach to Learning Robot Programming with ROS. CRC Press, 2018.
- Alonzo Kelly. Mobile Robotics Mathematics, Models And Methods. Cambridge University Press, 2013.
- Lentin Joseph, Jonathan Cacace. Mastering ROS for Robotics Programming. 2nd ed. Packt Publishing, 2018.

Metodologías de enseñanza-aprendizaje:

- Revisión de conceptos, análisis y solución de problemas en clase (X)
- Lectura de material fuera de clase (X)
- Ejercicios fuera de clase (tareas) (X)
- Investigación documental (X)
- Elaboración de reportes técnicos o proyectos (X)
- Prácticas de laboratorio en una materia asociada (X)

Metodologías de evaluación:

- Asistencia (X)
- Tareas (X)
- Elaboracion de reportes técnicos o proyectos (X)
- Exámenes de academia o departamentales (X)

Revisores:

Leonardo Romero Muñoz. 04/julio/2024.

Notas: *Se adaptó el contenido para abordar robots móviles reales, disponibles en el Laboratorio de Robótica.*