

Planificación de **Robótica Móvil**



Código/s: Electiva

Identificación y características del Espacio Curricular

Carrera/s:	Licenciatura en Ciencias de la Computación		
Plan de Estudios:	2010, TO2024	Carácter:	Electiva
Bloque/Campo:		Área:	Algoritmos y Lenguajes
Régimen de cursado:	Cuatrimestral		
Cuatrimestre:	- [LCC], 1º [LCC]		
Carga horaria:	75 hs. / 5 hs. semanales	Formato curricular:	Asignatura
Escuela:	Ciencias Exactas y Naturales	Departamento:	Ciencias de la Computación
Docente responsable:	PIRE, Taihú		

Programa Sintético

Introducción a la Robótica Móvil. Percepción. Cinemática Sistema Operativo de Robótica (ROS) y Simulador. Gazebo. Visión en Robótica. Localización. Mapeo. Localización y Mapeo Simultáneo (SLAM). Planeamiento de Caminos. Control

Espacios Curriculares Relacionados

Previos Aprobados:

Simultaneos Recomendados:

Posteriores:

Vigencia desde 2024

Firma Profesor

Fecha

Firma Aprob. Escuela

Fecha

Con el aval del Consejo Asesor:

Fundamentación

De manera sintética fundamentar el papel del espacio curricular en el plan de estudios de la carrera. Describir la relación y los aportes del espacio curricular con el perfil de egreso y los alcances del título.

Contextualizar temporalmente el espacio curricular dentro del plan de estudios y comentar cómo se articula con otros espacios curriculares.

La asignatura optativa Robótica Móvil propone complementar y especializar el contenido de la licenciatura en ciencias de la computación de manera de lograr una formación actualizada en el área de robótica. La robótica es parte fundamental para la mejora y automatización de procesos en diferentes áreas de aplicación como por ejemplo, industria, agricultura, aeroespacial, vehículos autónomos, por mencionar algunos.

La robótica móvil es el área que estudia los problemas y soluciones para que un robot pueda navegar por un entorno realizando una actividad determinada. En este curso se abordan las principales áreas de estudio de la robótica móvil: localización, mapeo, planeamiento de caminos y control. De cada área se estudian los problemas y sus soluciones fundamentales de la literatura desde un punto de vista teórico-práctico. Para la implementación y evaluación de los algoritmos a desarrollar durante el curso se utiliza software y hardware estándar.

El enfoque para el desarrollo de la actividad es teórico-práctico con interacción permanente entre los alumnos y el cuerpo docente. Exposición de contenidos teóricos y posterior implementación y experimentación de temas específicos de cada unidad de la asignatura. Uso de hardware y software para la concepción de las implementaciones a realizar.

Resultados del aprendizaje

Al finalizar el cursado los/las estudiantes serán capaces de:

RA1 Comprender los conceptos fundamentales de robótica móvil, sus principales problemas y soluciones.

RA2 Hacer uso de Hardware y software estándar para el desarrollo de robots móviles.

RA3 Desarrollar y aplicar métodos de robótica móvil para la navegación autónoma de robots móviles.

Competencias / Ejes transversales y Resultados del Aprendizaje

Competencia/Eje transversal al que tributa	Nivel	Resultados del Aprendizaje
CGT1-Identificación, formulación y resolución de problemas de informática	Medio	RA1
CGT2-Concepción, diseño y desarrollo de proyectos de informática	Bajo	RA2, RA3
CGT4-Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la informática	Medio	RA2, RA3
CGT5-Generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas	Bajo	RA3

Programa Analítico

Unidad 1: Introducción a la Robótica Móvil

1.1 Historia de la Robótica Móvil.

1.2 Tipos de Robots.

1.3 Campos de aplicación de la Robótica Móvil.

1.4 Desafíos de la Robótica Móvil.

Unidad 2: Percepción

- 2.1 Tipos de sensores.
- 2.2 Sensores interoceptivos y exteroceptivos.
- 2.3 Modelo de sensores.
- 2.4 Ventajas y desventajas de cada tipo de sensor.
- 2.5 Caracterización del ruido.

Unidad 3: Cinemática

- 3.1 Sistemas de locomoción.
- 3.2 Modelo Diferencial.
- 3.3 Modelo de Ackerman.
- 3.4 Holonómico/No-Holonómico.

Unidad 4: Sistema Operativo de Robótica (ROS) y Simulador Gazebo.

- 4.1 Introducción a ROS 2.
- 4.2 Herramientas de visualización y depuración.
- 4.3 Recolección de Datos.
- 4.4 Simulador Gazebo.

Unidad 5: Visión en Robótica

- 5.1 Geometría proyectiva.
- 5.2 Extracción de características visuales.
- 5.3 Calibración Visual: intrínseca y Extrínseca.

Unidad 6: Localización

- 6.1 Modelo probabilístico.
- 6.2 Teoría de Bayes.
- 6.3 Principio de independencia de Markov.
- 6.4 Filtros Gaussianos: Filtro Extendido de Kalman.
- 6.5 Filtros no-paramétricos: Monte Carlo e Histograma.

Unidad 7: Mapeo

- 7.1 Nube de puntos.
- 7.2 Grilla de Ocupación.
- 7.3 Árbol cuaternario (Quadtree) y árbol octal (Octree)
- 7.4 Campos de distancia de signo truncado (TSDF).

Unidad 8: Localización y Mapeo Simultáneo (SLAM)

- 8.1 Grafo de Factores.
- 8.2 Métodos de optimización: Método de descenso por gradiente, Método Gauss-Newton, Método Levenberg-Marquardt y Bundle Adjustment.
- 8.3 Grupos de Lie y Álgebra de Lie.
- 8.4 Pre-integración.
- 8.5 Problema del Robot Secuestrado (Kidnapped Robot Problem).
- 8.6 Relocalización.
- 8.7 Detección y Cierre de Ciclos.

Unidad 9: Planeamiento de Caminos

- 9.1 Algoritmo A*.
- 9.2 Algoritmo de Dijkstra.
- 9.3 Grafo de Visibilidad.
- 9.4 Descomposición de celdas.
- 9.5 Diagrama de Voronoi.

- 9.6 Campos de potencial artificial.
- 9.7 Probabilistic RoadMap.
- 9.8 Rapidly Exploring Random Tree (RRT)
- 9.9 Rapidly-exploring Random Graph (RRG).

Unidad 10: Control

- 10.1 Controlador proporcional-integral-derivativo (PID).
- 10.2 Regulador Lineal Cuadrático (LQR).
- 10.3 Control Predictivo por Modelo (MPC).

En la asignatura existen contenidos procedimentales para el desempeño profesional como es el diseño y desarrollo de programas de computación. En la asignatura no existen contenidos actitudinales.

Modalidades de enseñanza

En el marco del formato curricular adoptado (asignatura, taller, seminario, etc.), especificar y describir las modalidades de enseñanza utilizadas (clases teóricas, trabajo grupal, trabajo en terreno, prácticas de laboratorio, correcciones individuales y grupales, viajes de estudio, aprendizaje basado en proyectos, estudio de casos, aula invertida, tutorías, etc.). Explicitar las relaciones entre las modalidades adoptadas y los resultados de aprendizaje esperados.

Clases teórico-prácticas con interacción permanente entre los alumnos y el cuerpo docente. Exposición de contenidos teóricos y posterior implementación y experimentación de temas específicos de cada unidad. Uso de hardware y software para la concepción de las implementaciones a realizar.

Recursos

Detallar los recursos utilizados en el desarrollo del espacio curricular: Espacios físicos (aula, laboratorio, equipamiento informático, etc.), Recursos tecnológicos de apoyo (proyector multimedia, software, equipo de sonido, aulas virtuales, plataforma educativa, etc.), Transporte, seguros, elementos de protección para desarrollar actividades en laboratorios, empresas, fábricas, etc.

Mencionar, si lo considera conveniente, recursos didácticos especiales utilizados. Si el Departamento / Carrera / Espacio Curricular / Docente tiene algún sitio web / plataforma de referencia, indicarlo.

La asignatura se dicta en el laboratorios del instituto CIFASIS (CONICET-UNR). Se utilizan computadoras de escritorios o laptops, a razón de 1 máquina cada 2 alumnos, con sistema operativo tipo Linux, entorno de programación C++ (editor de texto, compiladores, debugger, herramientas de profiling, git), y acceso a internet. Se cuenta con sensores como LiDAR 2D, cámaras estéreo, Unidades de Medición Inercial (IMU). También se cuenta con robots para la realización de pruebas en laboratorio.

Durante el dictado de clase se utiliza proyector multimedia. Todo el material de estudio se sube al campus virtual (comunidades) provisto por la Universidad Nacional de Rosario para que todos los alumnos tengan acceso al material.

Para la comunicación se utiliza un canal de zulip.

Ante eventualidades como paro de transporte contamos con herramientas de dictado virtual.

Link de la materia: <https://dcc.fceia.unr.edu.ar/es/lcc/521k>

Actividades de Formación Práctica

Nº	Título	Descripción
----	--------	-------------

1	Trabajo Práctico I: Transformaciones	Ejercicios de aplicación de transformaciones. Ejercicios para realizar cambios de entre diferentes sistemas de coordenadas.
2	Trabajo Práctico II: ROS2 y Simulador Gazebo	Experimentación con ROS y simulador Gazebo. Recolección de datos. Análisis de trayectorias realizadas por robot simulado.
3	Trabajo Práctico III: Visión por Computadora: Triangulación y Proyección	Calibración de cámara estéreo e inercial. Extracción de características visuales. Búsqueda de emparejamiento de características visuales. Triangulación y proyección de puntos 3D.
4	Trabajo Práctico IV: Localización con Filtro de Kalman Extendido	Implementación, experimentación y análisis de un Filtro Extendido de Kalman.
5	Trabajo Práctico V: Planeamiento de trayectorias	Implementación, experimentación y análisis de un método de planeamiento de trayectorias.
6	Trabajo Práctico Final	Desarrollo, experimentación y análisis de un método de Localización, Mapeo, Planeamiento de trayectorias o control a elección con previa aceptación del cuerpo docente.

Evaluación

Requisitos de aprobación: Se deben contar con todos los trabajos prácticos, parcial y trabajo práctico final aprobados.

Criterios de evaluación: exactitud, suficiencia y adecuación.

Instrumentos o técnicas de evaluación: trabajos prácticos, parcial y trabajo práctico final.

Resultado de Aprendizaje Actividades/Modalidad de Enseñanza Modalidad de Evaluación

Resultado de Aprendizaje	Actividades/Modalidad de Enseñanza	Modalidad de Evaluación
RA1	Actividad 1	Entrega de trabajos prácticos de forma grupal.
RA2	Actividad 2, Actividad 3	Entrega de trabajos prácticos de forma grupal.
RA3	Actividad 3, Actividad 4, Actividad 5, Actividad 6	Entrega de trabajos prácticos de forma grupal.

Bibliografía básica

Autores (Apellido, Inicial nombre)	Año de edición	Título de la obra	Editorial o Revista	Ejemplares disponibles o sitio web
Sebastian Thrun, Wolfram Burgard, Dieter Fox	2005	Probabilistic Robotics	MIT press	1
Roland Siegwart, Illah R. Nourbakhsh, and Davide Scaramuzza	2011	Introduction to Autonomous Mobile Robots	MIT press	1

Peter Corke	2017	Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms In MATLAB Second, Completely Revised, Extended And Updated Edition	Springer	1
-------------	------	---	----------	---

Bibliografía complementaria

Autores (Apellido, Inicial nombre)	Año de edición	Título de la obra	Editorial o Revista	Ejemplares disponibles o sitio web
------------------------------------	----------------	-------------------	---------------------	------------------------------------

Distribución de la carga horaria

Presenciales

Teóricas				30 Hs.
Prácticas			Formación Experimental	40 Hs.
		Resolución de Problemas vinculados a la Profesión		
		Resolución de Problemas y Ejercicios		
		Actividades de Proyecto y Diseño		
		Formación en la Práctica Profesional		
Evaluaciones				5 Hs.
			Total	75 Hs.

Dedicadas por el alumno fuera de clase

			Preparación Teórica	20 Hs.
			Preparación Práctica	20 Hs.
		Elaboración y redacción de informes, trabajos, presentaciones, etc.		
			Total	40 Hs.

Cronograma de actividades

Semana	Unidad	Tema	Actividad
1	1	Introducción a la robótica móvil	Clase Teoría: Introducción a la robótica móvil
2	2	Percepción	Clase Teoría: Percepción
3	2	Percepción	Clase Práctica: Percepción
4	3	Cinemática	Clase Teoría: Cinemática
5	3	Cinemática	Clase Práctica: Cinemática
6	4	Sistema Operativo de Robótica (ROS) y Simulador Gazebo	Clase Teoría: Sistema Operativo de Robótica (ROS) y Simulador Gazebo
7	5	Visión en Robótica	Clase Teoría: Visión en Robótica
8	5	Visión en Robótica	Clase Práctica: Visión en Robótica
9	6	Localización	Clase Práctica: Localización
10	6	Localización	Clase Práctica: Localización
11	7	Mapeo	Clase Teoría: Mapeo

12	8	SLAM	Clase Teoría: SLAM
13	8	SLAM	Clase Práctica: SLAM
14	9	Planeamiento de Caminos	Clase Teoría: Planeamiento de Caminos
15	10	Control	Clase Teoría: Control