

Fundamentos y Aplicaciones de Robótica Móvil

Dr. Pablo De Cristóforis, (Profesor Adjunto Dedicación Exclusiva Departamento de Computación)
con la colaboración del Lic. Nicolás Romero (Ayudante de Primera Dedicación Exclusiva
Departamento de Computación)

Programa:

La materia Fundamentos y Aplicaciones de Robótica Móvil tiene como objetivo general que los alumnos aprendan los conceptos fundamentales de la robótica móvil, sus principales problemas y aplicaciones. La robótica móvil es una rama dentro de la robótica que se plantea el desarrollo de métodos y algoritmos para que un robot o agente sea capaz de percibir, navegar e interactuar con su entorno y tomar decisiones en tiempo real para llevar a cabo sus tareas de manera autónoma. En este curso se abordan los temas más relevantes de la robótica móvil como son: percepción, localización, mapeo, planificación de caminos y control.

En cada unidad del programa de la materia se estudian los problemas y las soluciones del estado del arte para cada uno de los temas que se abordan. Para la implementación y evaluación de los métodos y algoritmos involucrados durante el curso se emplean las herramientas de desarrollo más utilizadas en Robótica actualmente, entre las que podemos mencionar el ambiente de trabajo ROS (*Robot Operating System*) y el simulador Gazebo.

El enfoque para el desarrollo de las actividades es de orden teórico-práctico, con interacción permanente entre los alumnos y el cuerpo docente. A la exposición y explicación de los contenidos teóricos le sigue la posterior implementación y experimentación de los temas abordados en las clases prácticas y de laboratorio para cada unidad temática de la asignatura.

Temario:

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: Software de desarrollo: ROS y Gazebo.

- 4.1 Introducción a ROS.
- 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).

Bibliografía:

- Probabilistic Robotics, Sebastian Thrun, Wolfram Burgard, Dieter Fox, MIT press, 2005
- Introduction to Autonomous Mobile Robots, Roland Siegwart, Illah R. Nourbakhsh, and Davide Scaramuzza, MIT press, 2011
- State Estimation for robotics, Timothy D. Barfoot, Cambridge, 2017
- Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms In MATLAB, Peter Corke, Springer, 2017
- Multiple View Geometry in Computer Vision, Richard Hartley y Andrew Zisserman, Cambridge University Press, 2004
- Springer Handbook of Robotics, Bruno Siciliano, Oussama Khatib, Springer, 2016
- Principles of robot motion: theory, algorithms, and implementation, Howie Choset, Kevin Lynch, Seth Hutchinson, George Kantor, Wolfram Burgard, Lydia Kavraki, Sebastian Thrun, 2005

Además se utilizará como bibliografía del curso una selección de artículos de conferencias y revistas internacionales de robótica (ICRA, IROS, RAS, RAL, T-RO), tales como:

- Cadena, C., Carlone, L., Carrillo, H., Latif, Y., Scaramuzza, D., Neira, J., ... & Leonard, J. J. (2016). Past, present, and future of simultaneous localization and mapping: Toward the robust-perception age. *IEEE Transactions on Robotics*, 32(6), 1309-1332.
- Mac, T. T., Copot, C., Tran, D. T., & De Keyser, R. (2016). Heuristic approaches in robot path planning: A survey. *Robotics and Autonomous Systems*, 86, 13-28.
- Guzzi, J., Chavez-Garcia, R. O., Nava, M., Gambardella, L. M., & Giusti, A. (2020). Path planning with local motion estimations. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 5(2), 2586-2593.
- Campos, C., Elvira, R., Rodríguez, J. J. G., Montiel, J. M., & Tardós, J. D. (2021). Orb-slam3: An accurate open-source library for visual, visual-inertial, and multimap slam. *IEEE Transactions on Robotics*, 37(6), 1874-1890.
- McAllister, R., Wulfe, B., Mercat, J., Ellis, L., Levine, S., & Gaidon, A. (2022, May). Control-aware prediction objectives for autonomous driving. In 2022 International Conference on Robotics and Automation (ICRA) (pp. 01-08). IEEE.
- Kleff, S., Dantec, E., Saurel, G., Mansard, N., & Righetti, L. (2022, October). Introducing force feedback in model predictive control. In 2022 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (pp. 13379-13385). IEEE.