

ASIGNATURA: 12749 - SISTEMAS ROBÓTICOS MÓVILES

CENTRO: Escuela de Ingeniería Informática

TITULACIÓN: Ingeniero en Informática

DEPARTAMENTO: INFORMÁTICA Y SISTEMAS

ÁREA: Ciencia De La Comp. E Intel. Artificial

PLAN: 10 - Año 199**ESPECIALIDAD:**

CURSO: Cr. comunes cic**IMPARTIDA:** Segundo semestre **TIPO:** Optativa

CRÉDITOS: 6

TEÓRICOS: 3

PRÁCTICOS: 3

Información ECTS

Créditos ECTS: 6

Horas de trabajo del alumno: 150

Horas presenciales: 70

- Horas teóricas (HT): 30
- Horas prácticas (HP): 30
- Horas de clases tutorizadas (HCT): 6
- Horas de evaluación: 4
- otras:

Horas no presenciales: 80

- trabajos tutorizados (HTT): 30
- actividad independiente (HAI): 50

Idioma en que se imparte: Español

NOTA: temporalización solo a título de referencia.

Descriptores B.O.E.

Tecnología de los Sistemas Robóticos Móviles. Mecanismos de Navegación e Interacción con el Entorno. Telecontrol. Proyectos de Desarrollo.

Temario

Módulo I: Geometría, Locomoción y Sistemas Sensoriales (9 horas).

1. Introducción
2. Geometría Interna
 - 2.1. Sistemas de Coordenadas y Relaciones.
 - 2.2. Transformaciones.
 - 2.3. Representación Geométrica
3. Locomoción y Modelos Cinemáticos.
 - 3.1. Tipologías de Vehículos.
 - 3.2. Sistemas basados en Ruedas Motrices.
 - 3.3. Modelos Cinemáticos y Restricciones

- 3.4. Otras Técnicas de Locomoción
- 3.5. Espacio de Configuración. Topología.
- 4. Sistemas Sensoriales.
 - 4.1. Sistemas de Posicionamiento Relativo. Encoders y Sistemas Inerciales.
 - 4.2. Sistemas de Posicionamiento Absoluto: Balizas, Marcas y Mapas.
 - 4.2. Ultrasonidos.
 - 4.3. Infrarrojos
 - 4.4. Telemetría Láser.
 - 4.5. Sistemas de Visión Activa.
 - 4.6. Sistemas de Localización basados en Marcas.
- 5. Control Básico de Movimientos
 - 5.1. Control Bicanal: Rotación y Traslación.
 - 5.2. Control de Distancia y Velocidad
 - 5.3. Ecuaciones Angulares.
 - 5.5. Control PID.
- 6. Modelado de Errores en Movimiento de Robots.
 - 6.1. Error de Desplazamiento
 - 6.2. Errores Bidimensionales.
 - 6.3. Evolución del Error durante el Movimiento.
- 7. Fusión Sensorial.
 - 7.1. Modelo Bayesiano.
 - 7.2. Filtrado de Kalman.
 - 7.3. Teoría de Dempster-Shafer

Bibliografía

Básica:[Dud00], [Jon99], [Oll01], [Eve95], [Mur00], [Sie04], [Cho05], [Lum05].

Complementaria: [Bor96], [Bek05], [Cox91] .

Lecturas Recomendadas: [Chr93], [Leo92],[Kor98]

Módulo II: Arquitecturas y Comportamiento. (5 horas)

- 1. Introducción a las Arquitecturas en Robots Móviles.
- 2. Arquitectura Básica de Tres Capas.
 - 2.1. Anatomía.
 - 2.2. Estudio de Caso.
- 3. Arquitecturas Reactivas.
- 4. Arquitecturas de Supresión
- 5. Arquitecturas Basadas en Comportamientos
 - 5.1. Definición de Comportamientos.
 - 5.2. Modelos de Comportamientos.
 - 5.3. Representación del Conocimiento en Sistemas Basados en Comportamiento.
- 6. Esquemas.
 - 6.1. Comportamientos basados en Esquemas.
 - 6.2. Robots Basados en esquemas
- 7. Arquitecturas Híbridas Deliberativas/Reactivas
- 8. Comportamiento Adaptativo.
- 9. Comportamiento Social.
- 10. Arquitecturas basadas en Agentes.
 - 10.1 Agente Animado. Arquitectura Software y Representación del Conocimiento.
 - 10.2 Sistemas Robóticos Multiagentes Cooperativos.
- 11. Otras Arquitecturas y Tendencias

Bibliografía

Básica: [Mur00], [Ark98], [Dud00], [Jon99], [Kor98], [Neh00].

Complementaria: [Iye91], [Cox91], [Con90].

Lecturas Recomendadas: [Bro99].

Módulo III: Representación Espacial y Navegación. (10 horas)

1. Modelado Estático del Entorno
2. Espacio de Estados Continuo
 - 2.1. Modelos con Potenciales atractivos/Repulsivos
 - 2.2. Computo de Distancias para Implementaciones en un Plano
 - 2.3. Navegación con Funciones de Potencial
 - 2.4. Funciones de Potencial y Espacios No Euclideos
 - 2.5. Histogramas de Campos Virtuales
3. Espacio de Estados Discreto
 - 3.1. Grafos de Visibilidad
 - 3.2. Diagramas Generalizados de Voronoi
 - 3.3. Modelado del Espacio Libre
 - 3.4. Planificación Basada en la Descomposición de Celdas
4. Generación y Emparejamiento de Mapas.
 - 4.1. Tipologías de Mapas
 - 4.2. Mapas Internos
 - 4.3. Construcción de Mapas Visuales
 - 4.4. Mapas basados en Datos de Sensores Láser y Ultrasonidos
 - 4.5. Fusión Sensorial.
 - 4.6. Técnicas de Emparejamiento.
5. Filtrado de Kalman
 - 5.1. Construcción del Modelo.
 - 5.2. Estimación Robusta utilizando Filtros de Kalman.
6. Métodos Bayesianos.
 - 6.1. Localización
 - 6.2. Mapping
7. Planificación de Movimientos.
 - 7.1. Estrategias basadas en Control Reactivo.
 - 7.2. Rejillas de Certidumbre
 - 7.3. Estrategias Combinadas.
8. Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)

Bibliografía

Básica: [Dud00], [Mur00], [Sie04], [Oll01], [Pru96], [Cho05], [Thr05].

Complementaria: [Ark98], [Cas93], [Neh00], [Lum05].

Lecturas Recomendadas: [Lee96], [Leo92]

Bibliografía

Básica: [Dud00], [Mur00], [Sie04], [Oll01], [Pru96], [Cho05], [Thr05].

Complementaria: [Ark98], [Cas93], [Neh00], [Lum05].

Lecturas Recomendadas: [Lee96], [Leo92]

Módulo IV: Sistemas Percepto-Efectores e Interacción. (6 horas)

1. Introducción.
2. Interacción Máquina-Entorno.
3. Interacciones Hombre-Máquina y Máquina-Máquina.

4. Movimiento en Entornos no Estructurados
4. Sistemas Autónomos Inteligentes Móviles
 - 4.1 Percepción-Acción.
 - 4.2 Conocimiento.
 - 4.3 Aprendizaje.
5. Estudio de Casos y Aplicaciones.

Bibliografía

Básica: [Ark98], [Dud00], [Mur00], [Sie04], [Lum05].

Complementaria: [Chr93].

Lecturas Recomendadas: [Men00], [Bek05]

NOTA: temporalización solo a título de referencia con respecto al último curso impartido.

Total Curso: 60 horas presenciales (30 horas Teóricas + 30 horas Prácticas) según plan de estudios vigente (4,8 ECTS, ver programación)

REFERENCIAS

- [Ark98] Arkin R., Behavior-Based Robotics, MIT Press, 1.998.
- [Bau00] Baum D., Definitive Guide to Lego Mindstorms, Apress, 2.000.
- [Bek05] Bekey G., Autonomous Robots, MIT Press, 2005.
- [Bor96] Borenstein J., Everett H., Feng L., Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning, Univ Michigan, 1.996.
- [Bro99] Brooks R., Cambrian Intelligence. The Early History of the New AI, MIT Press, 1.999.
- [Cas93] Cassadrass C.G. Discrete Event Systems, Aksen Associates Inc. Pub., 1.993.
- [Cho05] Choset H., Lynch K., Hutchinson S., Kantor G., Burgard W., Kavraki L., Thrun S., Principles of Robot Motion. Theory, Algorithms and Implementations, MIT Press, 2005.
- [Chr93] Christensen H., Bowyer K., Bunke H., Active Robot Vision. Camera Heads, Model Based Navigation and Reactive Control, World Scientific, 1.993.
- [Cox91] Cox I.J., Wilfong G.T., (Edit) Autonomous Robot Vehicles, Springer Verlag, 1.991.
- [Dud00] Dudek G., Jenkin M., Computational Principles of Mobile Robotics, Cambridge University Press, 2.000.
- [Eve95] Everett H.R., Sensor for Mobile Robots. Theory and Application, A.K. Peters Ltd., 1.995.
- [Iye91] Iyengar S.S., Elfes A., Autonomous Mobile Robots: Perception, Mapping and Navigation, IEEE Computer Society Press Tutorial, 1.991.
- [Jon99] Jones J., Flynn A., Seiger B., Mobile Robots. Inspiration to Implementation, 2ed, A.K. Peters Ltd, 1.999.
- [Knu99] Knudsen J.B., The unofficial guide to Lego Mindstorms Robots, O'Reilly, 1.999.
- [Kor98] Kortenkamp D., Bonaso P., Murphy R. (Edit.) Artificial Intelligence and Mobile Robots. Case Studies of Successful Robot Systems, MIT Press, 1.998.
- [Lee96] Lee D., The Map-Building and Exploration Strategies of a Simple Sonar-Equipped Mobile Robot, Cambridge University Press, 1.996.
- [Lum05] Lumenlsky V.J., Sensing, Intelligence, Motion. How Robots and Humans Move in an Unstructured World, Wiley, 2005
- [Leo92] Leonard J.J., Durrant-Whyte H.F., Directed Sonar Sensing for Mobile Robot Navigation, Kluwer Academic Pub., 1.992
- [Mat05] MATLAB User's Guide, MathWorks, 2.005.
- [Men00] Menzel, P., D'Aluisio, F., Evolution of a New Species. Robosapiens, MIT Press, 2000.
- [Mur00] Murphy R., Introduction to AI, MIT Press, 2000.
- [Neh00] Nehmzov U., Mobile Robotics: A Practical Introduction, Springer-Verlag Series on

Applied Computing, 2.000.

[Oll01] Ollero A., Robótica. Manipuladores y Robots Móviles, Marcombo, 2001.

[Pfe99] Pfeifer R., Scheier Ch., "Understanding Intelligence", MIT Press, 1.999

[Pru96] Pruski, A., Robotique Mobile. La Planification de Trajectorie, Hermes, 1.996.

[Sie04] Siegwart R., Nourbaskhsh I., Introduction to Autonomous Mobile Robots, MIT Press, 2004.

[Thr05] Thrum S., Burgard W., Fox D., Probabilistic Robotics, MIT Press, 2004.

Requisitos Previos

La asignatura Sistemas Robóticos Móviles pertenece al grupo de las optativas de Segundo Ciclo de la titulación de Ingeniería en Informática en la ULPGC con una extensión de 6 Crd. (3T+3P). Se trata de una asignatura de índole complementaria, autocontenida en si misma, aunque con cierta relación horizontal con otras asignaturas del curricula. La asignatura, en este sentido, se concibe como Teórico-Práctica, orientada a la formación en ingeniería de diseño, realización y evaluación de sistemas robóticos móviles.

En este sentido, las clases teóricas se utilizan para definir el marco conceptual y metodológico de diseño y las pautas de desarrollo y evaluación, establecer las taxonomías de técnicas, y realizar el análisis y descripción de aquellas técnicas tipo que se consideran más significativas, tanto por su aporte pedagógico o metodológico, como por la calidad de su aportación a los diseños finales de sistemas.

La disciplina trata con el control inteligente de vehículos autónomos y semiautónomos. Como asignatura, en el marco de la Ingeniería Informática, está orientada hacia los aspectos básicos del control y percepción de robots móviles desde una perspectiva de Inteligencia Artificial. Los tópicos a cubrir son, entre otros, interpretación sensorial, arquitecturas reactivas, modelado del entorno, navegación y sistemas basados en comportamiento. No obstante, la Robótica Móvil es un área interdisciplinar que involucra a:

- * Ingeniería Mecánica, en los aspectos relacionados con el diseño de vehículos móviles y sus mecanismos de locomoción.

- * Ingeniería Informática y Ciencia de los Computadores, al tratar con representaciones del mundo y modelos, sistemas percepto-efectores, estrategias de control y conductas, algoritmos de planificación, problemas de integración de sistemas, diseño y comunicaciones.

- * Psicología Cognitiva y Neurociencia, al tratar con paradigmas y problemas que tienen similitud con aquellos que afectan a sistemas biológicos y son, en muchos casos, fuente de inspiración para el diseño y construcción de sistemas robóticos móviles.

La disciplina conceptual de los Sistemas Robóticos Móviles se diferencia de otras áreas como la Robótica de Manipuladores convencional, la Inteligencia Artificial o la Visión por Computador, en que se enfatiza el estudio de los problemas en relación con el mundo de espacios a gran escala (Large-Scale Space), esto es, regiones del espacio que son sustancialmente mayores que aquellas que pueden ser observadas desde un punto de vista simple en el espacio-tiempo. El análisis de sistemas en entornos de espacios a gran escala implica no solamente tratar con la adquisición incremental del conocimiento, sino con problemas de estimación del error posicional, el reconocimiento de objetos y lugares para la movilidad y la respuesta en tiempo real. La coexistencia de estas cualidades de forma concertada proyecta el foco de atención de la Robótica Móvil hacia tres problemas fundamentales: el movimiento a través del espacio, la percepción del entorno y el razonamiento acerca de este.

Los requisitos conceptuales se estudian en los cursos 2º y 3º en las asignaturas de “Tecnología de la Programación”, “Métodos Matemáticos” e “Introducción a la Teoría de Sistemas”. Son los siguientes:

- Herramientas de programación (C o C++)
- Herramientas de Análisis Matemático (incluyendo Álgebra Matricial y Cálculo Integro-Diferencial) y Modelado de Sistema

Objetivos

Objetivo General:

Conocer las teorías, técnicas y herramientas para el modelado, programación, diseño y construcción de robots móviles.

Objetivos Específicos:

1. Comprender los problemas relacionados con el movimiento de robots y utilizar las técnicas para evaluar la cinemática directa e inversa de varios tipos de robots para el control de movimientos.
2. Comprender el funcionamiento de los diferentes sensores visuales y no visuales y los algoritmos para transformar las medidas de los sensores en información del entorno del robot, con espíritu crítico y responsabilidad.
3. Identificar y evaluar críticamente las distintas arquitecturas y estrategias de diseño utilizadas en Robótica Móvil.
4. Ser capaz de comprender los conceptos fundamentales de las tareas computacionales que hacen que un robot se mueva inteligentemente a través de su entorno.
5. Conocer los modelos de representación del entorno y como realizar la planificación dadas estas representaciones.
6. Saber cuales son los paradigmas y problemas de la interacción, en los distintos niveles, de sistemas percepto-efectores con personas o con otros sistemas.
7. Desarrollar la capacidad y habilidad para analizar casos prácticos de robots móviles y estar informados de las tendencias actuales del campo.
8. Desarrollar colaborativamente proyectos de robótica móvil.
9. Comunicar ideas, procedimientos y resultados de forma oral y escrita.

Metodología

Asignatura del plan antiguo: solo tutorías

Criterios de Evaluación

Para todas las convocatorias oficiales la fuente de evaluación serán trabajos de curso propuestos por el estudiante relacionados con la asignatura.

Los trabajos deberán defenderse y obtener una puntuación media igual o superior a 5 para superar la asignatura.

Descripción de las Prácticas

NOTA: Sólo a título de referencia, se incluyen a continuación la relación de prácticas realizadas durante el último curso con docencia completa.

* Práctica nº 1: Familiarización y aprendizaje del NXT.

Objetivos: Se trata de un entorno de desarrollo de prototipos robóticos constituido por un dispositivo controlador al que es posible conectar múltiples sensores y actuadores. Combinado con elementos de soporte, permite la construcción de pequeños sistemas robóticos autónomos. En esta primera práctica se pretende únicamente que el alumno conozca los recursos disponibles y las herramientas a utilizar.

Nº horas estimadas en Laboratorio:2

* Práctica nº 2: Caracterización de sensores y actuadores.

Objetivos: Diseñar y realizar experimentos que permitan la caracterización y, en su caso, calibración de los diferentes elementos sensores (luz, sonido, ultrasonidos, tacto, encoders) y actuadores (servomotores, lámparas) que se suministran con el kit NXT.

Nº horas estimadas en Laboratorio:4

* Práctica nº 3: Errores de odometría.

Objetivos: Análisis de errores odométricos y estimación de parámetros físicos utilizando el test del cuadrado bidireccional. Para ello deberá primero construirse una pequeña plataforma diferencial y programar su funcionamiento a fin de realizar las pruebas y mediciones que precisa esta técnica (relaciones de engranajes, ancho de ruedas, desplazamientos de las ruedas, etc.).

Nº horas estimadas en Laboratorio: 4

* Práctica nº 4: Fusión sensorial.

Objetivos: Aplicación de técnicas de fusión sensorial con manejo de la incertidumbre para combinar la información de los sensores ultrasónicos, codificadores de posición y sensores de tacto. Se desarrollará un problema de estimación robusta del entorno y otro de localización.

Nº horas estimadas en Laboratorio: 6

* Práctica nº 5: Competición.

Objetivos: Se planteará un escenario y un problema a resolver (laberinto, carrera de velocidad, selección de objetos, etc) de modo que los diferentes grupos apliquen el conocimiento adquirido en las prácticas anteriores para tratar de superar los resultados de los compañeros.

Nº horas estimadas en Laboratorio: 6

* Práctica nº 6: Simuladores.

Objetivos: Presentación de diferentes herramientas de simulación para robótica móvil (Player/Stage, simrobot, eyesim, saphira) y planteamiento de un problema de navegación con evitación de obstáculos para resolver en un entorno estático.

Nº horas estimadas en Laboratorio:4

* Práctica nº 7: Proyecto (optativo).

Objetivos: Proyecto de tema libre propuesto por grupo, de manera que integre los diferentes tópicos de la materia. Se podrán realizar utilizando las herramientas de simulación del laboratorio (Player/Stage, RoboSim, ROS, etc) o sobre robots reales.

Nº horas estimadas en Laboratorio:4

Bibliografía

[1 Básico] Sistemas robóticos móviles [

Antonio Falcón

Martel, Oscar Déniz Suárez.

*Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Centro de Tecnología de los Sistemas y de la Inteligencia Artificial,,
Las Palmas de Gran Canaria : (2000)
84-699-4164-X*

[2 Básico] Computational principles of mobile robotics /

Gregory Dudek, Michael Jenkin.

*Cambridge University Press,, Cambridge : (2000)
0-521-56876-5*

[3 Básico] Introduction to AI Robotics /

Robin R. Murphy.

*MIT Press,, Cambridge : (2000)
0262133830*

[4 Básico] Introduction to autonomous mobile robots /

Roland Siegwart and Illah Nourbakhsh.

*MIT Press,, Cambridge ; (2004)
026219502X*

[5 Recomendado] Definitive guide to lego mindstorms /

Dave Baum ; illustrations by Rodd Zurcher and Dave Baum.

*Apress,, Berkeley (California) : (2000)
1893115097*

[6 Recomendado] Artificial intelligence and mobile robots :case studies of successful robot systems /

edited by David Kortenkamp, R. Peter Bonasso, and Robin Murphy.

AAAI Press :, Menlo Park, Calif : (1998)

0262611376 (pbk. : alk. paper)

[7 Recomendado] Active robot vision: camera heads, model based navigation and reactive control /

H.I. Christensen, K.W. Bowyer, H. Bunke, eds.

World Scientific,, Singapore : (1993)

[8 Recomendado] Behavior-based robotics /

Ronald C. Arkin.

MIT Press,, Cambridge, MA : (1998)

0-262-01165-4

[9 Recomendado] Probabilistic robotics /

Sebastian Thrum, Wolfram Burgard, Dieter Fox.

MIT press,, London : (2005)

9780262201629

Equipo Docente

JOSÉ DANIEL HERNÁNDEZ SOSA

(COORDINADOR)

Categoría: PROFESOR CONTRATADO DOCTOR, TIPO 1

Departamento: INFORMÁTICA Y SISTEMAS

Teléfono: 928458701 **Correo Electrónico:** daniel.hernandez@ulpgc.es

Resumen en Inglés

Sistemas Robóticos Móviles (Mobile Robotic Systems)

Course Description

This course unit introduces students to the theory and application of autonomous mobile robotics. It will cover basic topics in spatial representations, kinematics, control, trajectory generation, computational geometry, and motion planning. Also, studies of autonomous mobile percepto-effectors systems are included. The goal of this class is to provide you with the theoretical and practical knowledge to perform research in mobile robotics.

Students develop an understanding of how mobile robots work, and how they are controlled, through lectures and laboratory exercises. The course is aimed towards students wanting to understand how robotic systems can learn and adapt to novel situations, and will focus largely on the application of percepto-effectors systems. Lab exercises will familiarize the student with typical robot sensors hardware as well as software development tools. Students will use the LEGO and PIONEER robots to implement motion algorithms. Topics include:

- Basic robot and sensor concepts
- Sensor models
- Visual sensing
- Calibration and stereo
- Configuration space
- Symbolic path planning algorithms
- Map-building techniques
- Behavior-based navigation

- Localization
- Bayesian methods for localization and mapping
- Trajectory planning
- Software architectures and integration
- Robot-human interfaces

Applications to

- Visual sensors for mobile robots location,
- Robot Navigation,
- Localization & Mapping,
- Robot System Integration,
- Service robots,
- Perceptual User Interface (PUI's) for human-computer interaction,

are presented.

Aims

- To give an appreciation of the issues that arise when designing complete physically embodied autonomous agents.
- To introduce the most popular methods for controlling autonomous mobile robots
- To give hands on experience of engineering design
- To encourage independent thought on possible cognitive architectures for autonomous agents

Objectives

On completion of this course, the student should be able to:

- Program a mobile robot to perform a specified task (e.g., obstacle avoidance or wall following) in a target environment
- Have an understanding of the functionality and limitations of robot sensors and actuators
- Understand and be able to apply a variety of techniques to solve problems in areas such as robot control and navigation
- Know the areas where robots are useful and where multi-robot systems can improve performance
- Understand how simulations of robots work, where they can be useful and where they can break down
- Design, build and program simple autonomous robots.
- Implement standard signal processing and control algorithms.
- Describe and analyze robot processes using appropriate methods.
- Solve simple control problems by hand using appropriate methods.
- Write a detailed report on a robot project.
- Carry out and write up investigations using appropriate experimental methods.