



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

PROYECTO DOCENTE CURSO: 2005/06

**12749 - SISTEMAS ROBÓTICOS
MÓVILES**

ASIGNATURA: 12749 - SISTEMAS ROBÓTICOS MÓVILES

Vinculado a : (Titulación - Asignatura - Especialidad)

1801-Ingeniería en Informática - 12749-SISTEMAS ROBÓTICOS MÓVILES - 00

CENTRO: Escuela de Ingeniería Informática

TITULACIÓN: Ingeniero en Informática

DEPARTAMENTO: INFORMÁTICA Y SISTEMAS

ÁREA: Ciencia De La Comp. E Intel. Artificial

PLAN: 10 - Año 1999 **ESPECIALIDAD:**

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

CRÉDITOS: 6

TEÓRICOS: 3

PRÁCTICOS: 3

Descriptor B.O.E.

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

URL: <http://serdis.dis.ulpgc.es/~ii-srm/>

Temario

Módulo I: Geometría, Locomoción y Sistemas Sensoriales (8 horas).

1. Introducción
2. Geometría Interna
 - 2.1. Sistemas de Coordenadas y Relaciones.
 - 2.2. Transformaciones.
 - 2.3. Representación Geométrica
3. Locomoción.
 - 3.1. Tipologías de Vehículos.
 - 3.2. Sistemas basados en Ruedas Motrices.
 - 3.3. Control Holonómico y Espacio de Configuración.
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
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. Integración Multisensorial
 - 7.1. Técnicas de Proceso de Señal. Filtrado de Kalman
 - 7.2. Técnicas Basadas en Teoría de la Información.
 - 7.3. Técnicas Basadas en Inteligencia Artificial.

Bibliografía

Básica: [Dud00], [Jon99], [Oll01], [Eve95], [Mur00], [Sie04], [Gre01].

Complementaria: [Bor96], [Iye91], [Cox91], [Aya91].

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

Módulo II: Arquitecturas y Comportamiento. (8 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 (Subsumtion)
- 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], [Sie04].

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

Lecturas Recomendadas: [Bro99].

Módulo III: Navegación y Detección de Obstáculos. (8 horas)

- 1. Introducción.
- 2. Detección de Obstáculos.
- 3. Generación y Emparejamiento de Mapas.
 - 3.1. Tipologías de Mapas
 - 3.2. Mapas Internos
 - 3.3. Construcción de Mapas Visuales
 - 3.4. Mapas basados en Datos de Sensores Láser y Ultrasonidos
 - 3.5. Técnicas de Emparejamiento.
- 4. Planificación de Movimientos.
 - 4.1. Estrategias basadas en Control Reactivo.
 - 4.2. Modelado y Representación del Mundo. Rejillas de Certidumbre

- 4.3. Estrategias Combinadas.
- 4.4. Planificación Basada en arquitecturas Multiagentes.
- 5. Navegación en Entornos de Exterior.
- 6. Filtrado de Kalman
 - 6.1. Construcción del Modelo.
 - 6.2. Estimación Robusta utilizando Filtros de Kalman.

Bibliografía

Básica: [Ark98], [Dud00], [Mur00], [Kor98], [Oll01], [Pru96], [Sie04].
 Complementaria: [Iye91], [Cox91], [Cas93], [Neh00].
 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. 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], [Kor98], [Neh00].
 Complementaria: [Chr93].
 Lecturas Recomendadas: [Men00]

REFERENCIAS

- [Aya91] Ayache, N., Artificial Vision for Mobile Robots. Stereo Vision and Multisensory Perception, MIT Press, 1.991.
- [Ark98] Arkin R., Behavior-Based Robotics, MIT Press, 1.998.
- [Bau00] Baum D., Definitive Guide to Lego Mindstorms, Apress, 2.000.
- [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] Cassandras C.G. Discrete Event Systems, Aksen Associates Inc. Pub., 1.993.
- [Chr93] Christensen H., Bowyer K., Bunke H., Active Robot Vision. Camera Heads, Model Based Navigation and Reactive Control, World Scientific, 1.993.
- [Con90] Connell J.H., Minimalist Mobile Robotics. A Colony-Style Architecture for an Artificial Creature, Academic Press, 1.990.
- [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.
- [Gre01] Grewal M.S., Andrews A.P., Kalman Filtering. Theory and Practice Using MATLAB, Wiley, 2001.
- [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 Inteligence 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.
- [Leo92] Leonard J.J., Durrant-Whyte H.F., Directed Sonar Sensing for Mobile Robot Navigation, Kluwer Academic Pub., 1.992
- [Mat00] MATLAB User's Guide, MathWorks, 2.000.
- [Men00] Menzel, P., D'Aluisio, F, Evolution of a New Species. Robosapiens, MIT Press, 2000.
- [Mur00] Murphy R., Introduction to AI Robotics, 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.
- [Sap00] Saphira Software Manual, ActivMedia Robotics, 2000.
- [Sie04] Siegwart R., Nourbakhsh I., Autonomous Mobile Robots, MIT Press, 2.004

Conocimientos Previos a Valorar

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:

Introducir al alumno en las teorías, técnicas y herramientas para el modelado, programación, diseño y construcción de robots móviles.

Objetivos Específicos:

1. Estudiar los problemas relacionados con el movimiento de robots. Presentar las técnicas para evaluar la cinemática directa e inversa de varios tipos de robots y su utilización para el control de movimientos.
2. Examinar y estudiar los diferentes sensores visuales y no visuales y los algoritmos para transformar las medidas de los sensores en información del entorno del robot.
3. Motivar al alumnado en el estudio de las distintas arquitecturas y estrategias de diseño utilizadas en Robótica Móvil.
4. Presentar y estudiar los conceptos fundamentales de las tareas computacionales que hacen que un robot se mueva inteligentemente a través de su entorno.
5. Analizar los diferentes modelos de representación del entorno y como realizar la planificación dadas estas representaciones.
6. Estudiar los principios de los sistemas basados en conductas
7. Introducir al alumno en los paradigmas y problemas de la interacción, en los distintos niveles, de sistemas percepto-efectores con personas o con otros sistemas.
8. Presentar y estudiar una serie de casos prácticos de robots móviles tipo para mostrar el panorama actual del campo y las tendencias futuras.

Metodología de la Asignatura

La clave del planteamiento metodológico de la asignatura es la motivación, particularmente en aquellos temas de carácter actual como es el caso de la Robótica Móvil. Se procurará descargar una buena parte de los conceptos en clases prácticas donde el alumno pueda ver in situ los diferentes principios y técnicas.

Como la materias concernientes a la Robótica Móvil tiene contenidos relativos a aplicaciones en entornos muy diversos, esta motivación se fomentará con la presentación frecuente de la utilidad práctica de los temas, aplicaciones y comentar sus ventajas, transmitir noticias de las novedades y del avance tecnológico en el sector de los robots móviles y ponerlas en relación con las tendencias sociales del entorno, crear en definitiva el ambiente de utilidad y sentido práctico propio de una Ingeniería. Los trabajos prácticos harán en grupos reducidos. Si se dispone de un laboratorio en condiciones y con medios adecuados con requisitos mínimos de:

1. Ordenador Personal (Windows XP), Matlab 6.1 o superior, toolboxes (Control System, System Identification, Signal Processing, Stateflow y SIMULINK), Entorno de Desarrollo y Simulación Shapira. y MS VISUAL C/C++ .
2. Robot Móvil Pioneer II + Alimentador.
3. Cables de Conexión Serie, Tablón (blanco) 2m x 2m para realizar movimientos.
4. Osciloscopio y Fuente de Alimentación Regulable(+30, -30, +5)

Se plantearán trabajos de simulación en varios grupos y se rotarán para comprobar la validez de las hipótesis y desarrollo sobre un robot móvil básico. En este sentido el laboratorio deberá estar a disposición de los alumnos, en horarios flexibles, poniendo únicamente como límite, el orden, el control y el horario del personal encargado. Las prácticas pretenderán, como filosofía general, asentar conceptos, delimitar campos de aplicación y validez, aclarar principios y conectar la teoría con la práctica sobre robots que operen en el mundo real.

En la dirección URL: <http://serdis.dis.ulpgc.es/~ii-srm/> se ha instalado una guía/tutorial de la asignatura, donde además de un repositorio de herramientas y software se incluye material docente básico y complementario

Además de estos medios para los trabajos prácticos se utilizarán otros como clases teóricas, visitas, sesiones de diseño conjunto, conferencias invitadas, etc. adecuadamente coordinados. Estas actividades se planifican en el tiempo, y se presentarán en la primera semana de clase.

La utilización de medios audiovisuales se complementará proporcionando al alumno, en la dirección URL anterior, el contenido de las clases y los apuntes (Notas) correspondientes. Además se dispone de un conjunto de libros de consulta como el que se detalla.

Evaluación

Se plantearán dos exámenes prácticos, cuyo contenido evaluativo se descompondrá en:

1. Exámen relativo a los contenidos desarrollados en clases prácticas en el laboratorio (50 %).

2. Trabajo de curso (50 %), siendo necesaria su presentación y defensa en clase.

Tal y como se ha diseñado este curso, muchos de los conceptos se reflejan y se soportan en las prácticas. La evaluación por tanto debe acercarse lo más posible a la propia naturaleza del trabajo desarrollado. La evaluación del trabajo de curso será por grupos, cada grupo deberá presentar:

1. El libro de experimentos (notebook) donde se recojan los diseños previos, planteamientos, problemas, estrategias ...con un seguimiento cronológico de la actividad realizada.
2. Vídeo explicativo donde cada miembro del equipo presente un aspecto del diseño final y del trabajo realizado, incluyendo (como es lógico) imágenes del robot realizando las tareas especificadas.
3. Memoria sintética del trabajo (Descripción del hardware final, tareas que lleva a cabo el robot, software documentado,).

Descripción de las Prácticas

Práctica nº 1: Familiarización y Aprendizaje del Saphira.

Objetivos: Se trata de un entorno de desarrollo para aplicaciones robóticas que opera en un contexto cliente/servidor y posee un conjunto de rutinas y funciones para la construcción de clientes y comunicaciones. Saphira soporta funciones de alto nivel para control de robots e interpretación sensorial, incluyendo control difuso de comportamientos, sistemas de planificación reactiva y navegación basada en mapas. (3 horas).

Nº horas estimadas en Laboratorio: 3

Práctica nº 2: Errores de Odometría I.(opcional, dependiendo del material experimental disponible).

Objetivos: Cálculo de la sensibilidad y errores de los encoders de un robot móvil para giros (grados por ud. de encoder) y desplazamientos(mm por ud. de encoder). Se proporcionan las características técnicas del fabricante (relaciones de engranajes, ancho de ruedas, desplazamientos de las ruedas, etc.), para facilitar las medidas (2 horas)

Nº horas estimadas en Laboratorio: 2

Práctica nº 3: Errores de Odometría II. (opcional dependiendo del material experimental disponible)

Objetivos: Medida de las variaciones de rango, rotación y tendencias de un robot móvil por comparación de las salidas de los encoders con las medidas reales obtenidas de los movimientos finales del robot. Se enfatizará la distinción entre errores sistemáticos y aleatorios.(2 horas).

Nº horas estimadas en Laboratorio: 2

Práctica nº 4: Familiarización y Aprendizaje del Colbert.

Objetivos: Con la versión 6 del Saphira se ha añadido un lenguaje (similar al C) denominado Colbert, para escribir programas de control de robots. Con el Colbert los alumnos pueden escribir y depurar rápidamente procedimientos de control complejos denominados actividades. Estas actividades tienen una semántica de autómatas de estado finito que las hacen particularmente interesantes para representar conocimiento procedimental de secuencias de acción. Las actividades pueden arrancar o parar acciones del robot, comportamientos de bajo nivel y otras actividades. Las actividades están coordinadas por el Colbert executive, que soporta el proceso

concurrente de las mismas. En esta primera práctica con el Colbert se escribirá una actividad que dibuje las desviaciones estándar de las variables de posición el robot (bien desde lecturas reales o simuladas) en la pantalla. Para ello primero deberá realizarse un programa C que actualice los valores de la covarianza del error. Las entradas serán en este caso la matriz de covarianza original, los parámetros de tendencia, giro y rango, la distancia recorrida y el cambio angular. (3 horas).
Nº horas estimadas en Laboratorio:3

Práctica nº 5: Movimientos con Mapas.

Objetivos: El propósito es entender la geometría interna del controlador del Shapira y completar la familiarización con el lenguaje Colbert. En este ejercicio el robot se mueve mediante odometría por un mundo reducido utilizando su mapa interno. Este mapa tendrá un pasillo, una puerta de salida y una posición final fuera del pasillo. La práctica consiste en escribir un programa Colbert que mueva el robot fuera de la puerta utilizando primitivas de movimiento (2 horas).
Nº horas estimadas en Laboratorio:2

Práctica nº 6: Tratamiento de Colisiones con objetos de baja altura Bump and Go

Objetivos: En general la información de sensores de ultrasonidos no suele ser muy buena para detectar objetos de baja altura. Se trata de utilizar la información de los sensores de contacto, o de sobreintensidad (bloqueo) de los motores, para indicar que se ha producido algún tipo de colisión. Se trata de escribir una rutina Colbert que permita detectar este evento y escribir un procedimiento reactivo que haga que el robot comience a moverse de nuevo desde el obstáculo (3 horas).
Nº horas estimadas en Laboratorio:3

Práctica nº 7: Programación de Actividad Coordinada

Objetivos: En esta práctica el robot conmuta entre dos modos de comportamiento. Se diseña una actividad tímida y otra más agresiva. En la primera retrocede ante un obstáculo y lo bordea por el lado más alejado de este, mientras en la segunda cargará contra el obstáculo (hasta quedar muy cerca de él). Se combinarán ambas actividades utilizando una actividad de nivel superior que conmute entre ellas basado en cualquier esquema que el alumno elija. (3 horas).
Nº horas estimadas en Laboratorio:3

Práctica nº 8: Comportamientos dirigidos por Objetivos y Prevención de Colisiones.

Objetivos: El objetivo es familiarizar al alumno con los fundamentos del control difuso de comportamientos y como estos pueden utilizarse para diseñar movimientos prácticos para un robot. Se trata de:

a)Escribir el comportamiento que mueve el robot a lo largo de una línea. El comportamiento debe tomar como argumentos la línea (un artefacto en la terminología del Saphira) y la velocidad.

b)Escribir un comportamiento que mueva al robot alrededor de un artefacto puntual. El comportamiento deberá tomar el punto, un radio de operación, el ángulo de cabecera y la velocidad como argumentos.

c)Combinar estos comportamientos en otro, en el cual el robot siga la línea pero se le impida pasar por una serie de puntos prohibidos. (4 horas)

Nº horas estimadas en Laboratorio:4

Práctica nº 9: Asociación entre Artefactos en Saphira con Objetos del Mundo Real.

Objetivos: Se trata de cerrar el bucle entre percepción-acción fijando los artefactos con objetos del mundo real. Para ello se realizarán las siguientes tareas:

a) Se trata de escribir una actividad que encuentre segmentos largos (paredes) en las lecturas de los sonars y ajuste el artefacto línea para que sea paralelo a la pared y a una cierta distancia. Utilizando esta actividad y el comportamiento seguir-línea, navegar por una habitación.

b) Escribir una actividad que, utilizando los sensores de ultrasonidos, determine cuando hay un obstáculo en línea frente al robot, marque a este como prohibido y lo evite rodeando el obstáculo (4 horas).

Nº horas estimadas en Laboratorio:4

Práctica nº 10: Comportamientos en un Robot Móvil Real. (opcional dependiendo del material experimental disponible)

Objetivos: Traslación a un robot real y entorno realista de los comportamientos estudiados y análisis de las diferencias y corrección y ajuste de las actividades en función de la dinámica del propio robot y su entorno (4 horas).

Nº horas estimadas en Laboratorio:4

TRABAJOS DE CURSO

A desarrollar en grupo de manera que integre los diferentes tópicos de la materia. Se realizarán utilizando las herramientas de simulación del laboratorio (Saphira) y se experimentará sobre un robot real las diferentes estrategias. La composición de cada grupo se establecerá en función de la complejidad del trabajo y las disponibilidades de recursos. (8 horas)

Bibliografía

[1] Saphira Software Manual

ActivMedia Robotics

ActivMedia Robotics - (2000)

[2] Robotique mobile: la planification de trajectoire /

Alain Pruski.

Hermes,, Paris : (1996)

2-86601-549-5

[3] Robótica: manipuladores y robots móviles /

Anibal Ollero Baturone.

Marcombo,, Barcelona : (2001)

[4] 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

[5] Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning

Borenstein J., Everett H., Feng L.

Univ Michigan - (1996)

[6] Discrete event systems: modeling and performance analysis /

Christos G. Cassandras.
Irwin,, Burr Ridge, Illinois : (1993)
0-256-11212-6

[7] Minimalist mobile robotics: a colony-style architecture for an artificial creature.

Connell, Jonalthan H.
Academic Press,, Boston : (1990)
012185230X

[8] Definitive guide to lego mindstorms /

Dave Baum ; illustrations by Rodd Zurcher and Dave Baum.
Apress,, Berkeley (California) : (2000)
1893115097

[9] The map-building and exploration strategies of a simple sonar-equipped robot: an experimental, quantitative evaluation /

David Lee.
Cambridge University Press,, Cambridge : (1996)
0521573319

[10] 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)

[11] Computational principles of mobile robotics /

Gregory Dudek, Michael Jenkin.
Cambridge University Press,, Cambridge : (2000)
0-521-56876-5

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

H.I. Christensen, K.W. Bowyer, H. Bunke, eds.
World Scientific,, Singapore : (1993)

[13] Sensor for mobile robots :theory and application /

H.R. Everett.
A.K. Peters, (1995)

[14] Directed sonar sensing for mobile robot navigation /

John J. Leonard, Hugh F. Durrant-Whyte.
Kluwer Academic,, Boston : (1992)
0792392426

[15] The unofficial guide to Lego Mindstorms robots /

Jonathan B. Knudsen.
O'Reilly,, Beijing : (1999)
1565926927

[16] Mobile robots: inspiration to implementation /

Joseph L. Jones, Anita M. Flynn, Bruce A. Seiger.
A. K. Peters,, Natick, Massachusetts : (1999) - (2nd ed.)
1-56881-097-0

[17] Evolution of a New Species. Robosapiens

Menzel, P., D'Aluisio, F
MIT Press - (2000)

[18] Kalman Filtering: theory and practice using Matlab /

Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews.
Wiley Interscience,, New York : (2001) - (2nd. ed.)
0471392545

[19] Understanding Intelligence

Pfeifer R., Scheier Ch.
MIT Press - (1999)

[20] Introduction to AI Robotics /

Robin R. Murphy.
MIT Press,, Cambridge : (2000)
0262133830

[21] Cambrian intelligence: The early history of the New AI /

Rodney A. Brooks.
The MIT Press,, Cambridge (Massachusetts) : (1999)
0262522632

[22] Behavior-based robotics /

Ronald C. Arkin.
MIT Press,, Cambridge, MA : (1998)
0-262-01165-4

[23] Introduction to Autonomous Mobile Robotics

Siegwart R., Nourbakhsh I.
MIT Press - (2004)
0-262-19502-X

[24] Autonomous mobile robots: perception, mapping, and navigation /

S.S. Iyengar and Alberto Elfes.
IEEE Computer Society Press,, Los Alamitos, California : (1991)
0818690186

[25] Mobile robotics: a practical introduction /

Ulrich Nehmzow.
Springer - Verlag,, London : (2000)
1-85233-173-9

[26] Autonomous robot vehicles.

Springer,, New York : (1990)
0387972404

Equipo Docente

ANTONIO FALCÓN MARTEL

(COORDINADOR)

Categoría: *CATEDRÁTICO DE UNIVERSIDAD*

Departamento: *INFORMÁTICA Y SISTEMAS*

Teléfono: *928458728* **Correo Electrónico:** *antonio.falcon@ulpgc.es*

JOSÉ DANIEL HERNÁNDEZ SOSA

(RESPONSABLE DE PRACTICAS)

Categoría: *PROFESOR ASOCIADO ADM*

Departamento: *INFORMÁTICA Y SISTEMAS*

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