

### PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
EL7031	Robótica, Sensores y Sistemas Autónomos			
Nombre en Inglés				
Robotics, Sensing and Autonomous Systems				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	3.5	1.5	5.0
Requisitos			Carácter del Curso	
EL4003 Señales y Sistemas 2			Electivo	
Resultados de Aprendizaje				
<p>Al final del curso, el alumno comprenderá:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) La funcionalidad de los sensores de medición de distancia en robótica.</li> <li>2) La capacidad de derivar modelos de sensores y comprender la incertidumbre de los sensores.</li> <li>3) Modelos de sistemas cinemáticos y dinámicos.</li> <li>4) La aplicación de estimación lineal y fusión de datos para robótica y seguimiento.</li> <li>5) La aplicación de asociación probabilística de datos en robótica.</li> <li>6) Métodos que implementan el teorema de Bayes en la fusión de sensores.</li> <li>7) Uso y aplicación de filtros de Kalman "unscented" y filtros de partículas en robótica.</li> <li>8) Mapeo robótico basado en grillas y basado puntos de referencia.</li> </ol>				

Metodología Docente	Evaluación General
<p>El curso utilizará los siguientes métodos de enseñanza:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Clases.</li> <li>2) Ejercicios realizados en clase.</li> <li>3) Proyectos de estudio, en los que los estudiantes presentan trabajos de investigación en robótica*.</li> </ol> <p>*</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Artículos de investigación y capítulos seleccionados del libro "Probabilistic Robotics" [1].</li> <li>b) Se requerirá que todos los estudiantes lean cada artículo / capítulo antes de la sesión de clase designada para ese artículo/capítulo.</li> <li>c) Se requiere que cada estudiante seleccione un artículo o capítulo y que comprenda, compare y presente los contenidos. Esto se llevará a cabo en la forma de un "Grupo de discusión de lectura". El estudiante designado dirigirá la discusión, con diapositivas, videos</li> </ol>	<p>Los estudiantes serán evaluados en base a los siguientes criterios:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Ejercicios (tutoriales) establecidos en clase, que entregarán.</li> <li>2) Proyectos de estudio en los que presentarán su interpretación de trabajos de investigación en robótica.</li> </ol>

e investigaciones recopiladas de documentos e Internet. Se espera que todos los estudiantes en la clase contribuyan a las discusiones.	
--	--

### Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	Sensores en aplicaciones de robótica	5
Contenidos	Resultado de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<ol style="list-style-type: none"> <li>Cámaras: uso de la visión en el seguimiento y la robótica (puntos conjugados, disparidad, fotogrametría, problema de correspondencia, correlación y métodos de coincidencia de bordes).</li> <li>Sensores de triangulación activos (ganancia de triangulación, precisión).</li> <li>LADAR – Laser Detection and Ranging sensors (detección coaxial, estimación de distancia por modulación de amplitud en onda continua (AMCW), análisis de ruido en AMCW).</li> <li>RADAR – Radio Detection and Ranging sensors (ecuación de radar, potencia recibida frente a interpretación de espectros de rango, estimación de rango por modulación de frecuencia en onda continua (FMCW), fuentes de ruido).</li> <li>SONAR – Sound Navigation and Ranging sensors (Reflexión de ondas - Especular y difusa, Detección del tiempo de vuelo (TOF), Interpretación de Sonar - Regiones de profundidad constante (RCD)).</li> </ol>	<p>Al final de esta unidad, los estudiantes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Comprenderán los principios físicos de trabajo de cada tipo de sensor.</li> <li>Aprenderán a derivar y usar modelos de sensores.</li> <li>Aprenderán cómo el ruido afecta a cada tipo de sensor y cómo estimar la incertidumbre del sensor.</li> </ol>	[2], [5]

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	Fusión de datos probabilística y estimación en seguimiento y robótica	6
Contenidos	Resultado de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<ol style="list-style-type: none"> <li>Breve reseña del teorema de Bayes y notaciones utilizadas.</li> <li>Seguimiento (Aplicación de la estimación lineal al seguimiento de objetivos, rastreadores alfa-beta, modelos de objetivos dinámicos, implementaciones de software).</li> <li>Supuestos de independencia condicional necesarios para aplicar el teorema de Bayes en la fusión de datos (definición de estado para independencia condicional de mediciones de sensores).</li> <li>Métodos Bayesianos no paramétricos basados en los filtros de Kalman "Unscented" (UKF) y filtros de partículas basados en Monte Carlo.</li> <li>Representar la incertidumbre estadística (Elipsoides de incertidumbre y métodos de Monte Carlo).</li> <li>Modelos cinemáticos del sistema (velocidad constante, modelos de aceleración, sistemas discretos con aceleración de ruido blanco, digitalización de sistemas de tiempo continuo).</li> </ol>	<p>Al final de esta unidad, los estudiantes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Entenderán el teorema de Bayes y serán capaces de aplicarlo a problemas de fusión de sensores discretos y continuos.</li> <li>Comprenderán la importancia de la independencia condicional en los sistemas de fusión de datos.</li> <li>Comprenderán cómo aplicar métodos de estimación lineales, no lineales y no paramétricos (por ejemplo, métodos de Monte Carlo) a los problemas de seguimiento.</li> <li>Comprenderán el significado de la incertidumbre estadística y serán capaces de representarlo de una manera significativa.</li> <li>Comprenderán los métodos y problemas de implementación de lo anterior en el software.</li> </ol>	[3], [4], [5], [6].

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas	
3	Navegación autónoma de robots	4	
Contenidos		Resultado de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>Artículos científicos que presentan avances recientes en:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Definiciones de estados completos e híbridos, y cinética y dinámica de transición de Markov.</li> <li>Movimiento del robot (modelos cinemáticos basados en odometría y velocidad, supuestos de Markov, fuentes de incertidumbre).</li> <li>Modelos de medición de sensores (definición de un modelo de sensor, modelos directos de sensor, detecciones aleatorias, incertidumbre de rango).</li> <li>Localización de robots (problemas algorítmicos en la implementación de los filtros de Kalman extendido (EKF) y métodos de Monte-Carlo).</li> <li>Localización y mapeo basados en grillas (conceptos de cuadrícula de incertidumbre, supuestos de independencia de celdas en la cuadrícula, modelos de medición inversa, mapeo de grilla de ocupación con modelos de sensor directo).</li> <li>Localización y mapeo basado en grafos (GraphSLAM, "scan matching", relación con los sistemas de masa-resorte, estimación en el espacio de la información, factorización de las estimaciones posteriores).</li> <li>Filtrado de partículas y Rao-Blackwellización (Una solución factorizada al problema de SLAM, mapas de</li> </ol>		<p>Al final de esta unidad, los estudiantes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Aprenderán a aplicar técnicas probabilísticas a sistemas robóticos no lineales.</li> <li>Aprenderán a derivar y usar modelos de medición no lineales.</li> <li>Aprenderán técnicas de localización de robots basadas en el filtro de Kalman extendido (EKF) y los métodos de Monte-Carlo.</li> <li>Aprenderán métodos de localización y mapeo de robots basados en grillas.</li> <li>Comprenderán el concepto de estimación probabilística conjunta aplicado a la construcción de mapas y localización simultánea (SLAM).</li> <li>Aprenderán métodos basados en grafos para resolver el problema SLAM.</li> <li>Aprenderán métodos de filtro de partículas y de Rao-Blackwellización para resolver SLAM.</li> <li>Aprenderán nuevos métodos de representaciones estadísticas basadas en la teoría de conjuntos.</li> </ol>	<p>[1], [7], [8], [9], [10].</p>

<p>robot condicionalmente independientes, muestreo de importancia, máximo a-posteriori (MAP) y esperado a-posteriori (EAP)).</p> <p>8. SLAM basado en conjuntos aleatorios finitos (RFS) y métodos avanzados (Introducción a las estadísticas de conjuntos finitos (FISST) y las representaciones de incertidumbre de Bernoulli).</p>		
---	--	--

#### Bibliografía General

##### Bibliografía Básica

- [1] S. Thrun, W. Burgard & D. Fox, "Probabilistic Robotics", MIT Press, 2006.
- [2] M.D. Adams, "*Sensor Modelling, Design & Data Processing for Autonomous Navigation*", World Scientific Publications 1999.
- [3] Peter S. Maybeck, "*Stochastic Models, Estimation and Control*", Volume 1, Academic Press, 2012.
- [4] James V. Candy, "*Bayesian Signal Processing - Classical, Modern and Particle Filtering Methods*", John Wiley & Sons, 2016.

##### Bibliografía Complementaria

- [5] Mongi A. Abidi & Rafael C. Gonzales, "*Data Fusion in Robotics & Machine Intelligence*", Academic Press 1992.
- [6] Y. Bar-Shalom, X. Rong Li, T. Kirubarajan, "*Estimation with Applications to Tracking and Navigation*", John Wiley & Sons, 2002.
- [7] M.W.M.G. Dissanayake, P. Newman, S. Clark, H.F. Durrant-Whyte and M. Csorba, "A Solution to the Simultaneous Localization and Map Building (SLAM) Problem", IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol. 17, No. 3, June 2001.
- [8] M. Montemerlo, S. Thrun, D. Koller, and B. Wegbreit, "FastSLAM: A factored solution to the Simultaneous Localization and Mapping problem", Proceedings of the AAAI National Conference on Artificial Intelligence, Edmonton, Canada, 2002.
- [9] M. Montemerlo, S. Thrun, D. Koller, and B. Wegbreit, "FastSLAM 2.0: An Improved Particle Filtering Algorithm for Simultaneous Localization and Mapping that Provably Converges", Proceedings of the 18th International Joint Conference on Artificial intelligence (IJCAI), Acapulco, Mexico, 2003.

[10] J.S. Mullane, B.N. Vo, M.D. Adams, B.T. Vo, "*Random Finite Sets for Robot Mapping and SLAM - New Concepts in Autonomous Robotic Map Representations*", Springer Tracts in Advanced Robotics No. 72, May 2011.

Vigencia desde:	30.11.2018
Elaborado por:	Martin Adams