

69156 - Simultaneous Localization and Mapping

Información del Plan Docente

Año académico: 2022/23

Asignatura: 69156 - Simultaneous Localization and Mapping

Centro académico: 110 - Escuela de Ingeniería y Arquitectura

Titulación: 615 - Máster Universitario en Robótica, Gráficos y Visión por Computador/Robotics, Graphics and Computer Vision

Créditos: 6.0

Curso: 1

Periodo de impartición: Segundo semestre

Clase de asignatura: Obligatoria

Materia:

1. Información Básica

1.1. Objetivos de la asignatura

El objetivo de la asignatura es estudiar las principales técnicas de construcción de mapas y localización simultánea (SLAM en sus siglas en inglés), comprender sus fundamentos matemáticos y algorítmicos, y ser capaces de aplicarlas en ejemplos reales.

Estos planteamientos y objetivos están alineados con algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, de la Agenda 2030 (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>) y determinadas metas concretas, de tal manera que la adquisición de los resultados de aprendizaje de la asignatura proporciona capacitación y competencia al estudiante para contribuir en cierta medida a su logro:

- Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades
 - Meta: 3.6 Para 2020, reducir a la mitad el número de muertes y lesiones causadas por accidentes de tráfico en el mundo
- Objetivo 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todo
 - Meta 8.4 Mejorar progresivamente, de aquí a 2030, la producción y el consumo eficientes de los recursos mundiales y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente, conforme al Marco Decenal de Programas sobre modalidades de Consumo y Producción Sostenibles, empezando por los países desarrollados

1.2. Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

En esta asignatura se estudian los conceptos y técnicas relativos a uno de los problemas y aplicaciones más importantes de los robots autónomos que utilizan sensores para determinar su posición espacial y construir un modelo del entorno que le rodea.

1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

En esta asignatura obligatoria, de segundo cuatrimestre, confluyen los conocimientos y destrezas adquiridos en las asignaturas obligatorias de primer cuatrimestre Autonomous Robots, Computer Vision, Machine Learning, y Programming and Architecture of Computing Systems, por lo que es recomendable haberlas cursado previamente.

2. Competencias y resultados de aprendizaje

2.1. Competencias

El estudiante adquirirá las siguientes competencias básicas:

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

El estudiante adquirirá las siguientes competencias generales:

- CG01 - Haber adquirido conocimientos avanzados y demostrado, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en los ámbitos de la Robótica, Gráficos y/o Visión por Computador, que les permitan ser innovadores en un contexto de investigación, desarrollo e innovación.
- CG02 - Capacidad para aplicar e integrar sus conocimientos, la comprensión de estos, su fundamentación científica y sus capacidades de resolución de problemas en entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente especializados
- CG03 - Capacidad para evaluar y seleccionar la teoría científica adecuada y la metodología precisa de sus campos de estudio para formular juicios a partir de información incompleta o limitada incluyendo, cuando sea preciso y pertinente, una reflexión sobre la responsabilidad social o ética ligada a la solución que se proponga en cada caso
- CG04 - Capacidad para predecir y controlar la evolución de situaciones complejas mediante el desarrollo de nuevas e innovadoras metodologías de trabajo adaptadas al ámbito científico/investigador, tecnológico o profesional concreto, en general multidisciplinar, en el que se desarrolle su actividad
- CG05 - Capacidad para transmitir en inglés, de manera oral y escrita, de un modo claro y sin ambigüedades a un público especializado o no, resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica o del ámbito de la innovación más avanzada, así como los fundamentos más relevantes sobre los que se sustentan.
- CG06 - Haber desarrollado la autonomía suficiente para participar en proyectos de investigación y colaboraciones científicas o tecnológicas dentro su ámbito temático, en contextos interdisciplinares y, en su caso, con una alta componente de transferencia del conocimiento.
- CG07 - Capacidad para asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en uno o más campos de estudio.
- CG08 - Poseer las aptitudes, destrezas y método necesarios para la realización de un trabajo de investigación y/o desarrollo de tipo multidisciplinar en los ámbitos de la Robótica, Gráficos y/o Visión por Computador.
- CG09 - Capacidad para usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la resolución de problemas de los ámbitos de la Robótica, Gráficos y/o Visión por Computador.
- CG10 - Capacidad para comprender, relacionar con el estado del arte y evaluar críticamente publicaciones científicas en los ámbitos de la Robótica, Gráficos y/o Visión por Computador.
- CG11 - Capacidad para gestionar y utilizar bibliografía, documentación, bases de datos, software y hardware específicos de los ámbitos de la Robótica, Gráficos y/o Visión por Computador.
- CG12 - Capacidad para trabajar en un grupo multidisciplinar y en un entorno multilingüe

El estudiante adquirirá las siguientes competencias específicas:

- CE01 - Capacidad para aplicar métodos matemáticos y de inteligencia artificial para modelar, diseñar y desarrollar sistemas y aplicaciones de Robótica, Gráficos y Visión por Computador.

- CE02 - Capacidad para diseñar y desarrollar nuevos métodos y algoritmos aplicables a sistemas autónomos o de realidad virtual y aumentada.
- CE04 - Capacidad para concebir, diseñar y desarrollar software, productos y sistemas en el ámbito de la robótica.
- CE06 - Capacidad para concebir, diseñar y desarrollar software, productos y sistemas en el ámbito de la visión por computador.
- CE07 - Capacidad para desarrollar y evaluar software para problemas de Robótica, Gráficos y Visión por Computador, que pueda utilizar arquitecturas de propósito general y/o específico.

2.2. Resultados de aprendizaje

El alumno deberá ser capaz de:

1. Conocer los diferentes tipos de sistemas de localización y construcción de mapas.
2. Comprender los principales algoritmos de percepción para tareas de seguimiento y reconocimiento de lugares y sus fundamentos.
3. Conocer, operar y calibrar sensores estándar para sistemas de localización y construcción de mapas y modelos.
4. Diseñar y desarrollar sistemas de *Simultaneous Localization and Mapping* (SLAM) para diferentes aplicaciones.
5. Evaluar las prestaciones de un sistema de SLAM en condiciones realistas de operación.
6. Proponer y evaluar las prestaciones de nuevos algoritmos que aborden aspectos no resueltos de la operación de un sistema de SLAM.

2.3. Importancia de los resultados de aprendizaje

El alumno aprenderá a evaluar, desarrollar e integrar sistemas SLAM en un amplio conjunto de aplicaciones de la vida real: robótica, drones, vehículos autónomos o sistemas de realidad aumentada y virtual. Este conocimiento es crucial para una carrera exitosa en investigación o en empresas de alta tecnología.

3. Evaluación

3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

De acuerdo con la normativa de la Universidad de Zaragoza la evaluación de esta asignatura se establece como de Tipo continuo o global.

Dada la relevancia que en la asignatura tiene la adquisición de competencias prácticas, mediante el uso de entornos informáticos y en el laboratorio, a lo largo del curso irá siendo evaluado también el trabajo, en base al estudio previo, desarrollo del trabajo práctico, elaboración de una memoria y resolución de las cuestiones planteadas. En cada convocatoria, la evaluación comprenderá lo siguiente:

- E01 - Prueba escrita/de laboratorio (30%, T). Calificada entre 0 y 10 puntos. Se realizará en periodo de exámenes. En ella se evaluará al alumno del conjunto de resultados de aprendizaje desde el punto de vista teórico y de resolución de problemas.
- E02 - Trabajos dirigidos (60%, L). Calificados entre 0 y 10 puntos. El objetivo de estas pruebas es evaluar los conocimientos y destrezas que han adquirido los alumnos en la aplicación de los conocimientos teóricos. Los alumnos deberán acudir a las sesiones de laboratorio con el estudio previo del trabajo realizado. Las sesiones de laboratorio consistirán en la realización utilizando el computador de una serie de ejercicios relacionados con los contenidos de la asignatura.
- E03 - Presentaciones y debates de forma oral (10%, D). Calificados entre 0 y 10 puntos. Se valorará la capacidad de síntesis, la habilidad para destacar conceptos importantes, y la capacidad dialéctica para identificar puntos de vista diferentes.

Para la superación de la asignatura es condición imprescindible obtener una calificación en T y L mayor o igual que 5 puntos sobre 10. Sólo en ese caso, la calificación global de la asignatura será $(0.3T + 0.6L + 0.1D)$. En otro caso, la calificación global será la mínima entre 4 y el resultado de aplicar la fórmula anterior. La asignatura se supera con una calificación global de 5 puntos sobre 10.

Opcionalmente, un alumno podrá ir entregando durante el semestre, en las fechas indicadas por los profesores, las soluciones implementadas para cada uno de los ejercicios planteados para las sesiones de trabajos

dirigidos. La entrega en fecha de estas soluciones, le eximirá de realizar la prueba final práctica en el laboratorio. En este caso, la calificación por evaluación continua de la asignatura será (0.9L + 0.1D).

En caso de no aprobar la asignatura en la primera convocatoria, en la segunda convocatoria será obligatorio tanto presentarse a la prueba escrita, como presentar los trabajos dirigidos.

4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos

4.1. Presentación metodológica general

El proceso de aprendizaje incluye las siguientes metodologías:

- M01 - Clase de Teoría.
- M02 - Charlas de expertos.
- M04 - Trabajo en grupo.
- M05 - Aprendizaje basado en problemas.
- M07 - Proyectos.
- M08 - Presentación de trabajos en grupo.
- M09 - Laboratorio.
- M10 - Tutoría.
- M11 - Evaluación.
- M12 - Trabajos teóricos.
- M13 - Trabajos prácticos.
- M14 - Estudio teórico.
- M15 - Estudio práctico.
- M16 - Actividades complementarias.
- M18 - Competiciones y hackathones.

4.2. Actividades de aprendizaje

La asignatura consta de 6 créditos ECTS que suponen una dedicación estimada por parte del alumno de 150 horas, divididas en las siguientes actividades:

- Clase magistral: 25 horas
- Resolución de problemas y casos: 5 horas
- Prácticas de laboratorio: 20 horas
- Trabajos de aplicación o investigación prácticos: 34 horas
- Estudio: 60 horas
- Pruebas de evaluación: 6 horas

4.3. Programa

1. Fundamentos
Conceptos básicos, teoría y métodos de estimación
2. Robustez
Sensores, características
Asociación de datos, seguimiento, detección y cierre de bucles, relocalización
Entornos complejos y dinámicos
3. Precisión y escala
No linealidad, costo computacional
Algoritmos para SLAM a gran escala
4. Sistemas de SLAM basados ??en visión
SLAM Visual como problema de optimización. Ajuste de haces (BA)
Seguimiento de la cámara. Odometría visual (VO). BA solo en pose.
Mapeo. BA local. Grupos de Lie y algoritmos de optimización
Relocalización y cierre de bucles
5. SLAM visual avanzado
SLAM visual-inercial

4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave

El calendario de la asignatura estará definido por el centro en el calendario académico del curso correspondiente.

El calendario detallado de actividades estará disponible en Moodle, y se presentará el primer día de clase.

4.5. Bibliografía y recursos recomendados

Robot Manipulators by Paul, Richard. [MIT Press, 1981].

Mobile Robot Localization and Map Building, A Multisensor Fusion Approach by Castellanos, Jose A., Tardós, Juan D. [Springer 1999]

Probabilistic Robotics by Thrun, Sebastian; Burgard, Wolfram; Fox, Dieter. [2005]

Pattern Classification by Duda, Richard O.; Hart, Peter E.; Stork, David G.. [2000, 2nd Edition.]

Springer Handbook of Robotics by Siciliano, Bruno; Kathib, Oussama. [2016, 2nd Edition.]

State Estimation for Robotics by Barfoot, Timothy [Cambridge, 2017]

Juan D. Tardós Scholar:

<https://scholar.google.es/citations?user=TVf1gw0AAAAJ&hl=en>

José A. Castellanos Scholar:

<https://scholar.google.es/citations?user=p4dEOQcAAAAJ&hl=en>

José Neira Scholar:

<https://scholar.google.es/citations?user=scoMbR8AAAAJ&hl=en>