

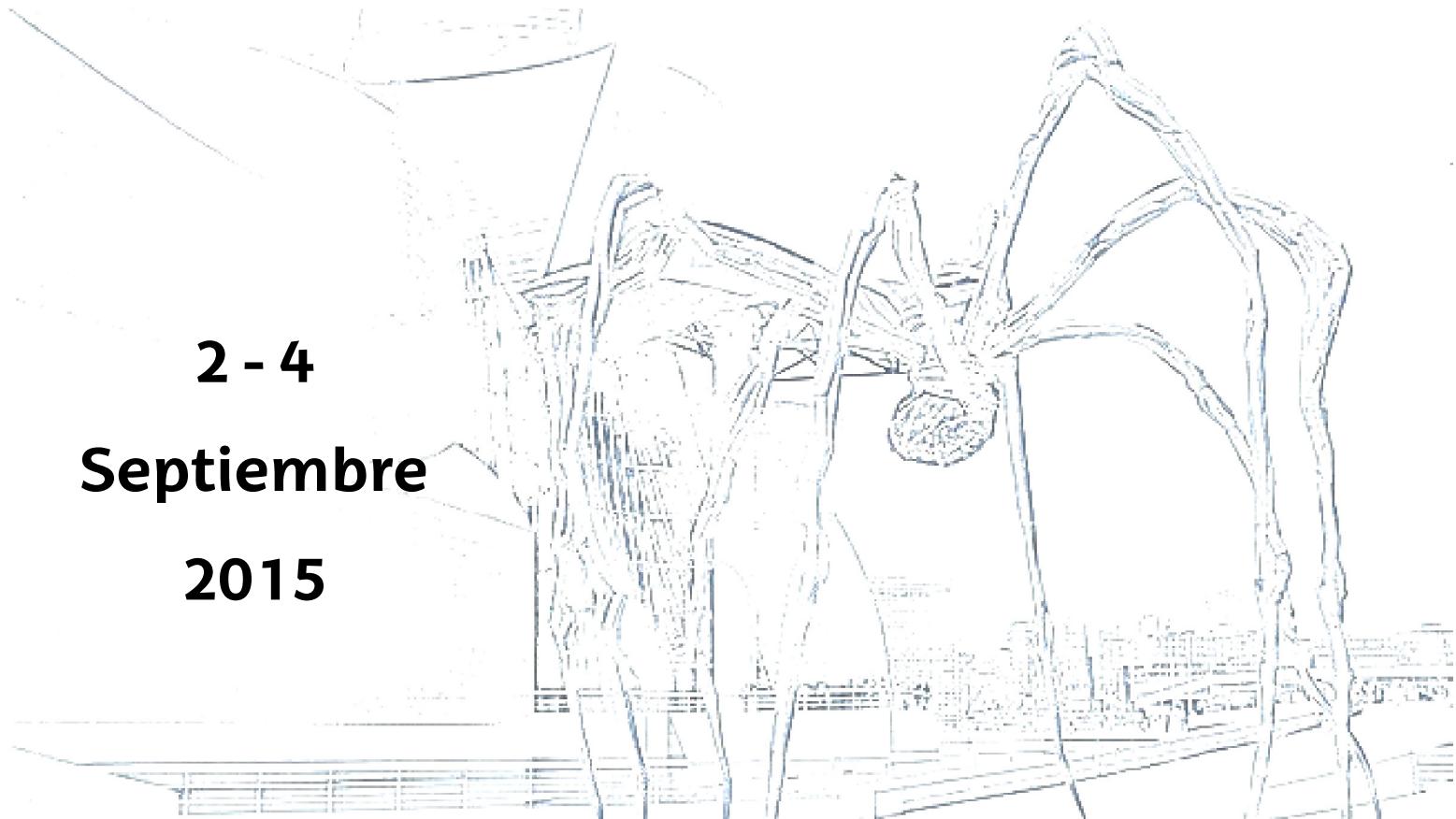
XXXVI Jornadas de AUTOMÁTICA

- Libro de Actas -

2 - 4

Septiembre

2015


316ao 2015



Jornadas de Automática

Actas de las XXXVI Jornadas de Automática

2 – 4 de Septiembre de 2015, Bilbao

© Comité Español de Automática (CEA-IFAC)

PATROCINADORES



COLABORADORES



- Comités -

Comité científico (Directiva de CEA)

- Joseba Quevedo Casín (UPC) **Presidente**
- Carlos Balaguer Bernaldo de Quirós (UC3) **Vicepresidente**
- Miguel Angel Mañanas Villanueva (UPC)) **Secretario**

Comité de Programa

- **Automar:** Pere Ridao Rodríguez (UdG)
- **Bioingeniería:** Javier Pérez Turiel (UVA)
- **Control Inteligente:** Matilde Santos Peñas (UCM) y Eloy Irigoyen Gordo (UPV/EHU)
- **Educación en Automática:** Fabio Gómez Estern (US)
- **Ingeniería de Control:** Ramón Vilanova i Arbós (UAB)
- **Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos:** Emilio Jiménez Macías (UR)
- **Robótica:** Pedro J Sanz Valero (UJI)
- **Sistemas de Tiempo Real:** José Enrique Simó Ten (UPV)
- **Visión por Computador:** Enrique Alegre Gutiérrez (UL)

Comité Local:

Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática/Sistemen Ingeniaritza eta Automatika Saila

Grupo de Control e Integración de Sistemas/Sistemen Integrazioa eta Kontrola Taldea (GCIS)

- Marga Marcos
- Maria Luz Alvarez
- Aintzane Armentia
- Fernando Artaza
- Arantza Burgos
- Itziar Cabanes
- Unai Gangoiti
- Vicente Gomez
- Eloy Irigoyen
- Nagore Iriondo
- Fabián López
- Dario Orive
- Federico Pérez
- Eva Portillo
- Isabel Sarachaga
- Asier Zubizarreta

- Presentación -

Este año 2015 se celebra la trigésimo-sexta edición de las Jornadas de Automática, auspiciada por el Comité Español de Automática de IFAC (CEA) y cuya organización ha recaído sobre el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la UPV/EHU.

El Comité de organización local ha trabajado con gusto para hacer de estas jornadas unas memorables y en las que todos sus asistentes se sientan a gusto, como en familia. Pero sois vosotros, los asistentes, los que realmente haréis que sean exitosas. Estamos orgullosos de anunciar que llegaremos a un número cercano a 200 asistentes.

En esta edición hemos querido acercar diferentes realidades a través de 5 plenarias muy diferentes. Desde la Fábrica del Futuro o industria 4.0, los retos en energías renovables o la robótica bio-médica, hasta lo que se espera en la formación de los nuevos doctores o el concepto de la ingeniería solidaria.

Por último, queremos agradecer a todos aquéllos que de un modo u otro han puesto su granito de arena para que estas Jornadas sean de alguna forma inolvidables: a las instituciones y organismos; a los Comités Científico y de Programa; al Comité Local y muy en especial, a los alumnos colaboradores, sin ellos seguro que hubieran salido mucho peor; a las empresas patrocinadoras y a las colaboradoras; y a todas aquellas personas que hayan intervenido de una forma u otra en la organización.

Deseamos que vuestra estancia en Bilbao sea lo más agradable posible y disfrutéis del "botxito", de su gente, de la gastronomía, de sus "tapitas" y "vinitos", además de fructífera en el ámbito científico.

Esperamos haberlo conseguido. Sólo vosotros podréis decirlo.

Marga Marcos

Presidenta del Comité Organizador

XXXVI Jornadas de Automática....

El número **36**.... pero ¿qué nos depara este número tan común a priori? Si buscamos el significado de este número nos topamos con una buena colección de definiciones, de las cuales, se pueden extraer múltiples y curiosas coincidencias....

Se cita en una de las fuentes de la extendida numerología: "El 36: Es el número de la **enseñanza**, de los centros educacionales, de las asesorías, las consultoras, de la medicina. Junto con el 19 y el 23 es un número que conduce al **éxito**". Y qué entorno más educacional que el nuestro donde multitud de colegas de otras tantas universidades se dan cita para compartir sus trabajos, experiencias y vivencias del reciente pasado año "docente".

Siguen las citas: "Combina las cualidades del 3 con las del 6, logrando un equilibrio, armonía, mucha intuición, **aspiraciones positivas**. Indica **buenos augurios para todos los centros educacionales que contribuyan a guiar la creatividad y la autoexpresión**". Pues qué mejor entorno que el de las Jornadas de Automática para ofrecer a nuestros colegas con marcada ilusión los resultados de nuestros últimos logros, donde a buen seguro la creatividad ha tenido su huequecito.

De una nueva fuente: "El 36: Era de una importancia tan fundamental para los pitagóricos que bajo su auspicio prestaban juramento. Cabe recordar que, para ellos, el 6 era el único número adaptado al alma y lo llamaban «**la perfección de las partes**». Treinta y seis era el resultado del 6 multiplicado por sí mismo, es decir, potenciado. Por otra parte, los discípulos de Pitágoras sostenían que cada 216 años se producía una regeneración total del universo.". Qué curiosidad que los principales objetivos de nuestros trabajos vayan en pro de conseguir algún tipo de perfección: Control, exactitud, precisión, estabilidad,... términos que nos definen por autonomasia. Porque de algo sí podemos estar seguros. De un modo u otro hacemos de nuestras vidas una prolongación de nuestras actitudes como científicos. ¡Y eso tampoco tiene por qué ser un aspecto negativo! A buen seguro que nuestra forma de ser nos ha logrado sacar de más de un apuro, tanto en el plano profesional, como en el resto de planos (incluido el semiplano izquierdo del plano complejo).

Y si nos planteamos que el número 36 es dos veces el 18,... cita textual: "El 18: Es el número de los grandes líderes, de los **cambios**, las **convulsiones**, las grandes creencias y la **transgresión de ellas**. Por otra parte posee una naturaleza emocional e **intelectual**. Su raíz 9 representa la fuerza, la energía, la sanación, la universalidad, la compasión y la **objetividad**. Se lograrán grandes realizaciones personales. El 1 y el 8 combinan la

independencia, la eficiencia y el poder, se alterna el juicio con la intuición.". Todo lo expuesto en esta cita son claros componentes de la esencia de un investigador. Sin aportación intelectual, no hay cambios. Y para lograr esa intelectualidad hace falta una buena base, conseguida en una formación continua a base de fuerza, energía, con pequeñas dosis de juicio e intuición, alternadas o combinadas. Solo la objetividad de nuestros trabajos y la independencia en su realización ha dado lugar a todo lo que se viene exponiendo año tras año en nuestras Jornadas de Automática.

Especificamente, la edición de las actas que acompañan a este texto se ha realizado eficientemente gracias fundamentalmente a dos aspectos: la herencia recibida por el trabajo previo que nuestros compañeros de la Universidad de Valencia iniciaron en la edición anterior; y por el esfuerzo que han hecho los coordinadores de los nueve Grupos Temáticos de CEA que aglutinan a todo nuestro colectivo. Este año se ha logrado canalizar todo el proceso de recepción de trabajos, revisión, aceptación y maquetación a través de una conocida plataforma, la cual ofrece muchísimas utilidades para este tipo de eventos. A todos, muchas gracias!

Eloy Irigoyen
Responsable de relaciones con el Comité Técnico
XXXVI Jornadas de Automática

Índice de Contribuciones

Visión por Computador

Diego Manuel Martínez Gila, Julio Beltrán Ortega, Javier Gámez García and Juan Gómez Ortega. TECNOLOGÍA NO INVASIVA PARA LA DETERMINACIÓN AUTOMÁTICA DEL CONTENIDO TOTAL DE POLIFENOLES EN EL ACEITE DE OLIVA VIRGEN	1
M. Ibarra-Arenado, S. Robla-Gómez and J.M. Pérez-Oria. DETECCIÓN DE SOMBRAS EN LA CARRETERA BASADA EN PROPIEDADES CROMÁTICAS	9
Blanca Quintana, Samuel Prieto, Antonio Adán and Andrés S. Vázquez. ESCANEADO AUTOMÁTICO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE INTERIORES DE EDIFICIOS	16
César H. Rodríguez-Garavito, Carlos Guindel and José María Armingol. SISTEMA DE ASISTENCIA A LA CONDUCCIÓN PARA DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE CARRILES	26
José Luis Espinosa-Aranda, Daniel Aguado-Araujo, Oscar Déniz, Jesús Salido, Gloria Bueno, Noelia Vállez, Ismael Serrano and M. Milagro Fernández-Carrobles. SISTEMA AUTOMÁTICO PARA LA MEDIDA DE LA TALLA DEL PIE SEGÚN PARÁMETROS DEL DISPOSITIVO BRANNOCK	32
Beatriz Alacid, Damián Mira, Pablo Gil and Fernando Torres. DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE LA ZONA CIEGA DE UN SLAR	40
Jaime Duque Domingo, Carlos Cerrada Somolinos and Enrique Valero. LOCALIZACIÓN DE PERSONAS MEDIANTE CAMARAS RGB-D Y REDES INALAMBRICAS	48
Daniel Aguilera Puerto, Oscar Cáceres Moreno, Diego Manuel Martínez Gila, Javier Gámez García and Juan Gómez Ortega. CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE LOTES DE ACEITUNAS EN ALMAZARA MEDIANTE VISIÓN POR COMPUTADOR	59
Carlos M. Mateo, Pablo Gil and Fernando Torres. DETECCIÓN DE DEFORMACIONES 3D CALCULANDO ESQUELETO DE CURVATURAS	66
Silvia Satorres Martínez, Carlos Ortega Vázquez, Javier Gámez García and Juan Gómez Ortega. FUSIÓN DE CARACTERÍSTICAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL ACABADO SUPERFICIAL	73
Nadia Aller-Alvarez, Laura Fernández-Robles, Víctor González Castro and Enrique Alegre. DETECCIÓN DE PLAQUITAS EN UN CABEZAL DE FRESADO USANDO CORRESPONDENCIA DE PLANTILLAS	80
Eugenio Ivorra Martínez, Antonio José Sánchez Salmerón, Samuel Verdú Amat and Raúl Grau Melo. ESTIMACIÓN DE LA FRESCURA DE SPARUS AURATA (DORADA) MEDIANTE TÉCNICAS HIPERESPECTRALES EN EL RANGO DEL SW-NIR	85
Alberto Moñino Hormigo, Francisco Rodríguez Rubio and Manuel Ruiz Arahal. MONITORIZACIÓN Y PREDICCIÓN DE LA RADIANCIA SOLAR MEDIANTE VISIÓN DEL PASO DE NUBES	91
Alejandro Clemotte, Miguel Velasco, Rafael Raya, Ramón Ceres and Ricardo de Córdoba. PARÁLISIS CEREBRAL Y SISTEMAS DE SEGUIMIENTO DE LA MIRADA: ¿CLIC POR PARPADEO O PERMANENCIA?	99
Yerai Berenguer, Luis Payá, Óscar Reinoso, Adrián Peidró, Luis Miguel Jiménez and Mónica Ballesta. ESTIMACIÓN DE ALTURA RELATIVA USANDO MÉTODOS BASADOS EN LA APARIENCIA GLOBAL DE IMÁGENES OMNIDIRECCIONALES	105
Juan Martín-Ávila, Miguel Martín-Guzmán, Jared Arroyo Martín, J.J. Fernández-Lozano and Alfonso García-Cerezo. NODO LÁSER INTEGRADO EN SISTEMA DE INFORMACIÓN URBANA	113

Iván De-Paz-Centeno, Eduardo Fidalgo, Oscar García-Olalla and Enrique Alegre. DESIGN AND IMPLEMENTATION OF BRPY: A BIORECOGNITION SYSTEM (FACE DETECTION, FACE RECOGNITION, AGE ESTIMATION AND GENDER ESTIMATION) BASED ON THE FACE	121
Iris Aguilar, Antonio J. Reina and Anthony Mandow. HERRAMIENTA PARA EL APRENDIZAJE DEL LENGUAJE DACTIOLÓGICO MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL	127
Eduardo Lopez-De-Celis, Oscar García-Olalla, Maite García-Ordás and Enrique Alegre. AN EVALUATION OF CASCADE OBJECT DETECTOR AND SUPPORT VECTOR MACHINE METHODS FOR PEOPLE DETECTION USING A RGB-DEPTH CAMERA LOCATED IN A ZENITHAL POSITION	134
Luis Alberto Condezo, Mohamed Abderrahim and Silvia M. Arribas. ANÁLISIS COLORIMÉTRICO DE ALTA EFICIENCIA Y DE BAJO COSTE MEDIANTE VISIÓN POR ORDENADOR	141
Adrián de Las Matas de La Fuente, Víctor González-Castro, Laura Fernández-Robles and Enrique Alegre. DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN EMBEDDED SYSTEM FOR IMAGE ACQUISITION OF INSERTS IN A HEADTOOL MACHINE	147
Paula Alvarez-Alvarez, Maite García-Ordás, Eduardo Fidalgo Fernandez and Enrique Alegre. TRACKING AND COUNTING PEOPLE FROM A ZENITHAL VIEW USING RGD-D IMAGES AND KALMAN FILTER	153

Sistemas de Tiempo Real

Ruben Perez, Adrian Orive, Eva Portillo and Marga Marcos. HACIA NXT-ROS REAL TIME: GESTOR EFICIENTE DE COMUNICACIONES PARA LEGO MINDSTORMS	159
Rafael Priego, Aintzane Armentia, Elisabet Estévez, Darío Orive, Nagore Iriondo and Marga Marcos. IMPLEMENTACIÓN DE MDE PARA LA GENERACIÓN DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN RECONFIGURABLES	166
Emilio Salazar and Alejandro Alonso. AN AUTOMATIC SYSTEM PARTITIONING ALGORITHM FOR MIXED-CRITICALITY SYSTEMS	174
Andrés Martínez, José Enrique Simó, Patricia Balbastre and Alfons Crespo. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE POLÍTICAS DE PLANIFICACIÓN EN SISTEMAS PARTICIONADOS MULTINÚCLEO	184
Ana Guasque, Patricia Balbastre, Vicent Brocal and Alfons Crespo. ANÁLISIS DE PLANIFICABILIDAD DE SISTEMAS JERÁRQUICOS CON PLANIFICACIÓN ARBITRARIA EN EL NIVEL GLOBAL	190
Aintzane Armentia, Unai Gangoiti, Rafael Priego, Elisabet Estévez, Marga Marcos and Edurne Irisarri. ASISTENCIA DOMICILIARIA ADAPTADA AL CONTEXTO: UNA APROXIMACIÓN BASADA EN MULTI-AGENTES	198
Eduardo Munera, Antonio Terrada, Jose-Luis Poza-Luján, Juan-Luis Posadas-Yagüe, Jose-Enrique Simó-Ten and Juan Fco. Blanes Noguera. RECONFIGURACIÓN DINÁMICA BASADA EN LA CALIDAD DE SERVICIO Y DE CONTEXTO PARA UN SENSOR RGBD	206
Angel Romero, Antonio J Muñoz Ramírez and Jesus Manuel Gomez-De-Gabriel. REALIMENTACIÓN DE VELOCIDAD CON ENCODERS DE BAJA RESOLUCIÓN EN SIMULINK	213
Alejandro Sánchez García, Jesús De La Casa Cárdenas, Elisabet Estévez, Javier Gámez García, Juan Gómez Ortega and Silvia Satorres. USO DE MDE PARA EL DISEÑO Y CODIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE PLATAFORMAS ROBÓTICAS MANIPULADORAS	221

Marcelo V Garcia, Federico Perez, Isidro Calvo, Fabian Lopez and Guadalupe Moran. DESARROLLO DE CPPS SOBRE IEC-61499 BASADO EN DISPOSITIVOS DE BAJO COSTE	230
Mykhailo Riabtsev, Rafael Priego and Marga Marcos. IMPLEMENTATION OF ROS NAVIGATION STACK ON LEGO MINDSTORMS NXT 2.0 ROBOT	238
Daniel Moya-López, José Carlos Alfonso Gil, Oriol Flors-Mas, Carlos Ariño, Alberto Martínez-Molina, Hector Beltrán and Emilio Pérez. CONTROL DE LA TENSIÓN DEL BUS DE CONTINUA DE UN FILTRO ACTIVO MEDIANTE UN CONVERTIDOR DC-DC	244
Miguel Angel Iñigo Ulloa, Isidro Calvo, Ismael Etxeberria-Agiriano and Pablo Gonzalez-Nalda. PRINCIPALES VULNERABILIDADES DE LOS SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL Y POSIBLES ACCIONES PARA EVITAR CIBERATAQUES	252

Robótica

Noé Alvarado Tovar and Raúl Súarez. SÍNTESIS DE PRENSIONES CON "FORCE-CLOSURE" PARA UN OBJETO ARTICULADO 3D CON 3 ESLABONES	260
Pedro J Sanz, Javier Perez Soler, Jorge Sales, J.Javier Fernández, Antonio Peñalver, David Fornas, Juan Carlos García Sánchez and Raul Marin. MERMANIP: AVANCES RECIENTES EN LA MANIPULACIÓN AUTÓNOMA COOPERATIVA SUBMARINA	268
Aitziber Mancisidor, Asier Zubizarreta, Itziar Cabanes and Pablo Bengoa. CONTROL DE FUERZA CON COMPENSACIÓN NO LINEAL Y ESTIMACIÓN DE FUERZA DEL ROBOT HÁPTICO UHP	276
Antonio Ramón Jiménez Ruiz and Fernando Seco Granja. LOCALIZACIÓN PRECISA USANDO RADIO UWB Y DEAD-RECKONING PARA COOPERACIÓN EFICIENTE HUMANO-ROBOT	284
Igor Rodriguez Rodriguez, Aitzol Astigarraga, Ekaitz Jauregi, David Salinas, Elena Lazkano and Txelo Ruiz. ROBOTS EN UN ESCENARIO DE POESÍA IMPROVISADA	292
Juan Jesús Roldán, Jaime Del Cerro and Antonio Barrientos. MINERÍA DE PROCESOS APLICADA A LA MONITORIZACIÓN DE LAS MISIONES ROBÓTICAS	300
Fares Abu-Dakka, Ángel Valera, Juan Antonio Escalera, Álvaro Page and Mohamed Abderrahim. REHABILITACIÓN DE TOBILLO MEDIANTE APRENDIZAJE Y ADAPTACIÓN DE TRAYECTORIAS	308
Pablo J. Alhama Blanco, Fares J. Abu-Dakka, Juan A. Escalera and Mohamed Abderrahim. ACOPLAMIENTO DE PRIMITIVAS DE MOVIMIENTOS DINÁMICOS	316
Francisco Javier Badesa, Jorge Antonio Díez, Santiago Ezquerro, Arturo Bertomeu, Jose María Sabater and Nicolas Garcia. MÉTODOS DE CONTROL BASADOS EN CAMPOS POTENCIALES Y DE FUERZA PARA ROBÓTICA DE REHABILITACIÓN	322
Fernando Seco, Antonio Ramón Jiménez Ruiz, Ana Jiménez, César Gutiérrez and Jesús Ureña. TRANSDUCTORES BASADOS EN PELÍCULA ELECTROMECÁNICA PARA APLICACIONES ULTRASÓNICAS EN ROBÓTICA	330
Ricardo Ragel, Ivan Maza, Fernando Caballero and Anibal Ollero. PLATAFORMA PARA EL ATERRIZAJE Y EL INTERCAMBIO DE BATERÍAS AUTOMÁTICO PARA UN UAV DE TIPO VTOL	338
Jose Navarro Alabarta, Juan Vicente Capella Hernández, Marc Bosch Jorge, Angel Soriano Vigueras, Miguel Albero Gil and Angel Valera Fernández. DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA HW/SW PARA EL CONTROL DE VEHÍCULOS AUTOMÁTICOS	345

Miguel Martín-Guzmán, Juan Martín-Ávila, Javier Serón, Jorge L. Martínez, Jesús J. Fernández-Lozano, José Manuel García-Hernández, Jesús Miranda-Páez, Anthony Mandow and Alfonso García-Cerezo. COORDINACIÓN DE UN PERRO DE RESCATE SENSORIZADO Y UAV PARA BÚSQUEDA DE VÍCTIMAS - EJERCICIO PILOTO	352
Fernando Gomez-Bravo, Raúl Jiménez Naharro, Jonathan Medina García-Naharro, Juan Antonio Gómez Galán and Manuel Sánchez Raya. SOBRE LA VULNERABILIDAD DE LOS ROBOTS MÓVILES FRENTE A LOS ATAQUES HARDWARE	358
Juan-Carlos Cobos-Torres and Mohamed Abderrahim. SISTEMA DE SUPERVISIÓN NO INVASIVO DE SIGNOS VITALES CON UN ROBOT.	366
José A. Paredes, Fernando Javier Álvarez, Jorge Morera, José Antonio Moreno and Enrique García. LOCALIZACIÓN Y POSICIONAMIENTO MEDIANTE SENsoRES OLFATIVOS: REVISIÓN	371
Francisco Jose Marquez, Ivan Maza and Anibal Ollero. COMPARACIÓN DE PLANIFICADORES DE CAMINOS BASADOS EN MUESTREO PARA UN ROBOT AÉREO EQUIPADO CON BRAZO MANIPULADOR	379
Jose Guarnizo and Martin Mellado. SINCRONIZACIÓN DE MÁQUINAS DE ESTADO PARA COMPORTAMIENTOS COLABORATIVOS EN FÚTBOL DE ROBOTS	387
Álvaro Hernández, Enrique García, David Gualda, Francisco Nombela, Pablo Poudereux and José Manuel Villadangos. DISEÑO DE UNA BALIZA ULTRASÓNICA FLEXIBLE PARA SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO LOCAL	394
Adrián Peidró, Oscar Reinoso, Luis Payá, Yerai Berenguer, Arturo Gil and José María Marín. ANÁLISIS CINEMÁTICO Y SIMULACIÓN DE UN ROBOT TREPADOR CON ARQUITECTURA SERIE-PARALELA	400
Roberto Herrera, Félix R. Cañadillas, Alberto Jardón Huete and Carlos Balaguer. DESARROLLO DE UN ALGORITMO DE CAMINATA PARA EL ROBOT MINI-HUMANOIDE MYOD	408
Pablo Bengoa Ganado, Asier Zubizarreta, Itziar Cabanes, Aitziber Mancisidor and Eva Portillo. CONTROL BASADO EN MODELO PARA ROBOTS PARALELOS CON SENSORIZACION REDUNDANTE	416
Javier Isabel Hernández, Félix R. Cañadillas, Alberto Jardón Huete and Carlos Balaguer. DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA ROBÓTICA MINI- HUMANOIDE CON VISIÓN ARTIFICIAL	424
Joaquín Blanco Sánchez, David Álvarez Sánchez, Fernando Martín Monar and Luis Moreno Lorente. CONTACT SENSORS FOR GIFU HAND III BASED ON FORCE SENSING RESISTORS	430
Pablo Falcon, Emma Delgado, Miguel Diaz-Cacho and Antonio Barreiro. PROPUESTA DE UN SISTEMA HÁPTICO DE TELEOPERACIÓN DE 3 CANALES VÍA INTERNET	438
Ángel Delgado, Damián Mira, Carlos Alberto Jara and Fernando Torres. ESTRATEGIAS DE CONTROL BASADAS EN INFORMACIÓN TÁCTIL PARA LA MANIPULACIÓN DE OBJETOS DEFORMABLES.	446
Juan A. Escalera, Fares Abu-Dakka, Mohamed Abderrahim and Pablo Alhama. SERVIDOR LIGERO, FLEXIBLE Y GENÉRICO PARA CONTROL DE MANIPULADORES UNIVERSALES	453
Verónica González Pérez, Concepción Alicia Monje Micharet and Carlos Balaguer Bernaldo de Quirós. PLANIFICACIÓN DE TRAYECTORIAS CON VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS EN UN ENTORNO AEROPORTUARIO	459

Modelado, Simulación y Optimización

Jenaro Nosedal and Miquel A. Piera. ASIGNACIÓN DE PUERTAS DE EMBARQUE CONSIDERANDO RESTRICCIONES ESPACIO-TEMPORALES MEDIANTE MODELADO CON REDES DE PETRI COLOREADAS	466
Salvador Castillo-Rivera and Maria Tomas-Rodriguez. HOVER FLIGHT HELICOPTER MODELLING AND VIBRATIONS ANALYSIS	473
Dorin Sabin Copaci, Antonio Flores Caballero, Alvaro Viloslada Peciña and Maria Dolores Blanco Rojas. MODELADO Y SIMULACIÓN DE ACTUADORES SMA CON CARGA VARIABLE	481
Paulo Mendes, Julio Normey-Rico, Carlos Bordons and Luis Valverde. GESTIÓN ENERGÉTICA DE UNA MICRO RED ACOPLADA A UN SISTEMA V2G	487
David Cerero-Tejero and Eduardo F. Camacho. SIMULADOR DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN MATLAB	495
Carlos Gómez Palacín, José Luis Pitarch and Cesar De Prada. OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO REAL DE SISTEMAS ESTACIONARIOS EN ECOSIMPRO	502
Jose Adilio Aguirre Jarquin, Gloria Gutierrez Rodriguez and Cesar De Prada Moraga. SECUENCIAMIENTO ÓPTIMO DEL PROCESO DE CRISTALIZACION DE UNA AZUCARERA	509
Ezequiel Debada, David Marcos, Carlos Montero, Eduardo F. Camacho, Carlos Bordons and Miguel A. Rida. TORQUE DISTRIBUTION STRATEGY FOR A FOUR IN-WHEEL FULLY ELECTRIC CAR	517
David Marcos, Carlos Montero, Miguel A. Rida, Carlos Bordons and Eduardo F. Camacho. MODELADO Y CONTROL DE PAR PARA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO CON CUATRO MOTORES EN RUEDA	526
Alberto De La Calle, Lidia Roca and Javier Bonilla. INVERSIÓN DE LA CAUSALIDAD COMPUTACIONAL EN EL MODELADO DINÁMICO. CASO PRÁCTICO DE UNA PLANTA DE GENERACIÓN DE HIDRÓGENO SOLAR	534
Oriol Flors-Mas, Carlos Ariño, Emilio Pérez, José Carlos Alfonso-Gil and Héctor Beltran. DISEÑO DEL CONTROL DE UN CONVERTIDOR DC-DC DE DOS ETAPAS CON UN ALGORITMO GENÉTICO	542
Alberto Martínez-Molina, Carlos Ariño, Oriol Flors-Mas, José Carlos Alfonso Gil, Daniel Moya-López, Emilio Pérez and Hector Beltrán. SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA PARA MICRORREDES BASADO EN CONTROL PREDICTIVO	549
Sergio Jesús Navas, Francisco Rodríguez and Pedro Ollero. MODELADO Y SIMULACIÓN DE UN CAMPO SOLAR CON PASO DE NUBE	556
José Manuel Bravo Caro, Diego Marín, Manuel Emilio Gegúndez and Teodoro Alamo. PREDICTOR INTERVALAR BASADO EN LA COMBINACION DE TÉCNICAS DETERMINISTAS Y ESTOCÁSTICAS	560
Alberto Pajares Ferrando, Javier Sanchis Saez and Juan Manuel Herrero Dura. PLATAFORMA DE SIMULACIÓN DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO BASADO EN PILA DE COMBUSTIBLE DE TIPO PEM.	567
Sara Perez-Carabaza, Eva Besada-Portas, Jose Antonio Lopez-Orozco and Jesus M. de La Cruz Garcia. RESOLUCION DEL PROBLEMA DE BUSQUEDA EN TIEMPO MINIMO MEDIANTE COLONIAS DE HORMIGAS	575

Mayko Rannany S.Sousa, Tania Rodríguez Blanco and César de Prada. OPERACIÓN ÓPTIMA EN ECOSIMPRO® DE ESTACIONES DE REGULACIÓN Y MEDIDA DE LA RED DE GAS NATURAL	583
Sergio Corzana, Emilio Jiménez Macías, Julio Blanco Fernández, Mercedes Pérez de La Parte and Eduardo Martínez Cámera. MODELOS PARA CARACTERIZACIÓN DE NANOCOMPOSITES	591
Diego Azofra Rojo, Emilio Jiménez Macías, Eduardo Martínez Cámera, Juan Carlos Sáez-Díez Muro and Julio Blanco Fernández. UTILIZACIÓN DE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO BASE PARA EL ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA ECONÓMICA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES SOBRE EL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL	603
Alejandro Zapata Martínez and Matilde Santos. MODELO DE SIMULACIÓN PARA UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PORTÁTIL	609

Educación en Automática

Agustín Pérez-Castro, José Sánchez and Dictino Chaos. DESARROLLO DE UN ENTORNO ABIERTO DE EXPERIMENTACIÓN BASADO EN JAVASCRIPT PARA EL CONTROL DE UNA MAQUETA DE CUATRO TANQUES	616
Antonio José Muñoz-Ramírez, Juan Jesús Fernández-Lozano and Jesus Manuel Gomez-De-Gabriel. INGENIERÍA BASADA EN MODELOS EN PRÁCTICAS DE ROBÓTICA	624
Ruben Mascaró Palliser, Ramon Costa Castelló, Jesús Chacón Sombría and Sebastián Dormido Bencomo. LIBRERÍA Y LABORATORIO VIRTUAL DE UN DISPOSITIVO TWIN ROTOR	631
Álvaro Picatoste, Jorn K. Gruber, Pablo Matatagui and Milan Prodanovic. ESTUDIO DE LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA MEDIANTE UN SISTEMA DE DOMÓTICA	637
Verónica González Pérez, Raúl Péruela-Martínez, Félix Rodríguez Cañadillas, Miguel Ángel Salichs and Carlos Balaguer. ESTADO DE LA TECNOLOGÍA EN ROBÓTICA EDUCATIVA PARA LA EDUCACIÓN SECUNDARIA	644
Javier Pérez, Aiman Alabdo, Gabriel J. Garcia, Jorge Pomares and Fernando Torres. VISEC-MATLAB: UNA HERRAMIENTA PARA EL APRENDIZAJE DE SISTEMAS DE CONTROL VISUAL SOBRE MATLAB	652
Juan Serrano, Blas Manuel Vinagre, Inés Tejado, Daniel Torres, Pedro A. Hungría, Vicente Feliu and Pilar Merchán. SIMULADORES BASADOS EN HERRAMIENTAS DE MODELADO FÍSICO PARA EL APOYO A LA ENSEÑANZA DE CONTROL AUTOMÁTICO (I): ROBOT MÓVIL CON BRAZO FLEXIBLE	659
Francisco Javier Álvarez García, Javier Fernández Muñoz, Shao Fu Hu Wu, Manuel Carrasco Sánchez, Eva Masero Rubio, Domingo Miguel Solomando Chamizo, Blas M. Vinagre and Inés Tejado. SIMULADORES BASADOS EN HERRAMIENTAS DE MODELADO FÍSICO PARA EL APOYO A LA ENSEÑANZA DE CONTROL AUTOMÁTICO (II): PÉNDULO ROTATORIO	667
Francisco J. Velasco González, Luis M. Vega Antolín, Elías Revestido Herrero, Francisco Javier Lastra Santos and Javier Terán Fernández. LABORATORIO MARINO REMOTO APLICADO A LA EXPERIMENTACIÓN EN TECNOLOGÍA NAVAL	674
Fernando López, Isidro Calvo, Ekaitz Zulueta, Pablo González-Nalda and Federico Pérez. DESARROLLO DE MUNDOS VIRTUALES E INTEGRACIÓN CON PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	682
Rogelio Mazaeda Echevarría, Eusebio de La Fuente López, José Luis González Sánchez and Eduardo J. Moya de La Torre. SOBRE LA DOCENCIA DE LA INFORMÁTICA INDUSTRIAL	688

Raquel Romo, Rogelio Mazaeda and Rubén Martí. PLANTAS VIRTUALES BASADAS EN ARDUINO PARA LABORATORIO DOCENTE DE INFORMÁTICA INDUSTRIAL	696
Raquel Martínez Rodriguez, Jose Morgado Nisa and Eloy Irigoyen Gordo. LAS INTELIGENCIAS MÚLTIPLES EN LAS ENSEÑANZAS DE INGENIERÍA: UN CASO DE ESTUDIO EN ROBÓTICA	704
Antonio Javier Barragán Piña, Yolanda Ceada Garrido, José Manuel Andújar Márquez, Eloy Irigoyen Gordo, Vicente Gómez Garay y Vicente Artaza Fano. UNA PROPUESTA PARA LA MOTIVACIÓN DEL ALUMNADO DE INGENIERÍA MEDIANTE TÉCNICAS DE GAMIFICACIÓN	710

Control Inteligente

Eukene Imatz Ojanguren, Eloy Irigoyen, David Valencia Blanco, Haritz Zabaleta and Thierry Keller. USO DE REDES NEURO-BORROSAS RFNN PARA LA APROXIMACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE UNA NEUROPRÓTESIS DE ANTEBRAZO EN PACIENTES CON DAÑO CEREBRAL	716
Antonio Javier Barragán Piña, Miguel Ángel Martínez Bohórquez, José Manuel Andújar Márquez and Antonio José Calderón Godoy. REGULACIÓN EN LÍNEA DE SISTEMAS ESTOCÁSTICOS MEDIANTE LÓGICA BORROSA	724
Jose Alcalá, Jesus Urena, Alvaro Hernandez and Juan Jesús García. ANÁLISIS NO INTRUSIVO DE LA ACTIVIDAD HUMANA A TRAVÉS DE LA MONITORIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO	731
Ayoze Marrero Ramos, Juan Mendez, G. González, Jose Reboso, Ana Fragoso, Isabel Martín and María Del Carmen Martín Lorenzo. SISTEMA DE CONTROL ADAPTATIVO DE ANESTESIA BASADO EN LÓGICA DIFUSA	737
Ander Arriandiaga, Eva Portillo, Jose Antonio Sánchez, Itziar Cabanes and Asier Zubizarreta. MODELADO DE LA ENERGÍA ESPECÍFICA DE CORTE EN EL RECTIFICADO MEDIANTE REDES NEURONALES RECURRENTES	744
Urko Gómez, Eloy Irigoyen, Vicente Gómez-Garay and Fernando Artaza. PRIMEROS RESULTADOS EN EL ESTUDIO DE SOLUCIONES BASADAS EN NEUROCONTROL PARA UN PUENTE GRUA	751

Bioingeniería

Maite Valderas, Montserrat Vallverdu, Pere Caminal, Andreas Voss and Rico Schröder. EXTRACCIÓN DE LA SEÑAL DE RESPIRACIÓN A PARTIR DEL ELECTROCARDIOGRAMA	759
Álvaro Costa, Guillermo Asín-Prieto, Shingo Shimoda, Eduardo Iáñez, Juan C. Moreno, Jose L. Pons and Jose M. Azorin. INTEGRACIÓN DE INTERFAZ CEREBRO-COMPUTADOR Y EXOESQUELETO DE MIEMBRO INFERIOR ORIENTADO A LA REHABILITACIÓN	766
Andrés Belda, Enrique Hortal, Andrés Úbeda, Álvaro Costa and Jose M. Azorin. CONTROL DE UN ROBOT HUMANOIDE MEDIANTE EL USO DE UNA INTERFAZ CEREBRO-COMPUTADOR	773
Lidia Santos, José L. González, Javier P. Turiel, Juan C. Fraile and Eusebio de La Fuente. GUANTE DE DATOS SENSORIZADO PARA USO EN CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA ASISTIDA POR LA MANO (HALS)	779

Santiago Ezquerro García, Irene Delegido Bernabe, Arturo Bertomeu Motos, Jorge Díez Pomares, Francisco Javier Badesa and Nicolás García Aracil. VALORACIÓN ARTICULAR DEL MIEMBRO SUPERIOR EMPLEANDO EL DISPOSITIVO ROBÓTICO PUPARM MEDIANTE UN ALGORITMO DE RECONSTRUCCIÓN CINEMÁTICA	786
Irene Rivas Blanco, Víctor Fernando Muñoz Martínez, Isabel García-Morales, Giuseppe Tortora and Arianna Menciassi. ARQUITECTURA DE CONTROL DE UNA PLATAFORMA ROBÓTICA SIN REALIMENTACIÓN DE POSICIÓN ARTICULAR PARA CIRUGÍA MINIMAMENTE INVASIVA	793
Eusebio de La Fuente López and Lidia Santos. PROCESAMIENTO PARALELO DE IMÁGENES DE VIDEO PARA LA DETECCIÓN DE SANGRADO Y VENDAS EN OPERACIONES DE CIRUGÍA LAPAROSCOPICA	801
Unai Zalabarria, Eloy Irigoyen, Asier Salazar and Raquel Martinez. PROCESAMIENTO ROBUSTO PARA EL ANÁLISIS AVANZADO DE SEÑALES ELECTROCARDIOGRÁFICAS AFECTADAS POR PERTURBACIONES	807
Enrique Bauzano, Asier Fernández-Iribar, Mari Carmen López-Casado, Julius Klein, Arantxa Rentería and Victor Muñoz Martinez. INTEGRACIÓN DE DISPOSITIVOS EN UN ROBOT QUIRÚRGICO TELEOPERADO MEDIANTE ROS	815

Automar

Jorge Sales, Miquel Massot Campos, Pep Lluís Negre Carrasco, Gabriel Oliver Codina and Pedro J. Sanz. INTEGRACIÓN DE TÉCNICAS ÓPTICAS DE RECONSTRUCCIÓN 3D PARA MEJORAR LA PLANIFICACIÓN DE AGARRES EN TAREAS DE MANIPULACIÓN ARQUEOLÓGICA SUBACUÁTICA	823
Pere Ridao Rodriguez, Marc Carreras Perez, David Ribas Romagos, Nuno Gracias and Rafael Garcia Campos. SURVEY AND INTERVENTION HROV	830
Marina P. Portilla, Montserrat Espin, Jose A. Somolinos, Amable Lopez and Rafael Morales. ARQUITECTURA DE CONTROL DE UN DISPOSITIVO SUBMARINO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA DE LAS CORRIENTES MARINAS	836
Antoni Burguera and Gabriel Oliver. BUILDING HIGH RESOLUTION MAPS OF LARGE SUBSEA AREAS USING SIDE-SCAN SONAR	842
David Moreno-Salinas, Eva Besada-Portas, José Antonio López-Orozco, Dictino Chaos, Joaquín Aranda and Jesús Manuel de La Cruz. IDENTIFICACIÓN DE UN MODELO NO LINEAL DE UN VEHÍCULO MARINO DE SUPERFICIE USANDO REGRESIÓN SIMBÓLICA	850
Eduardo M. Rubino, Diego Centelles, Jorge Sales, Jose Vicente Marti, Raul Marin and Pedro J. Sanz. IMAGE COMPRESSION WITH REGION OF INTEREST FOR UNDERWATER ROBOTIC ARCHAEOLOGICAL APPLICATIONS	856
Irene Irene Olivares Sánchez-Mellado and Matilde Santos. SIMULACIÓN Y MODELIZACIÓN DE LAS MAREAS Y ANÁLISIS DE SU APROVECHAMIENTO POR UNA TURBINA DE MAR	864

Ingeniería de Control

Jose Luis Sampietro, Ramon Costa Castelló and Vicenç Puig Cayuela. CONTROL PREDICTIVO ECONOMICO DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS BASADOS EN PILAS DE COMBUSTIBLE	871
Carlos Rodríguez, José Luis Guzmán, Manuel Berenguel and Sebastián Dormido. DISEÑO DE CONTROLADORES POR ADELANTO PARA COMPENSACIÓN DE PERTURBACIONES MEDIBLES TIPO IMPULSO	880

Gonzalo Hernandez, Carlos Bordons, David Marcos and Carlos Montero. CONTROL DE ESTABILIDAD BASADO EN MPC PARA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO CON MOTORES EN RUEDA	887
Daniel Dolz, Ignacio Peñarrocha and Roberto Sanchis. ESTIMACIÓN POR PLANIFICACIÓN DE GANANCIAS CON TRANSMISIONES SIN ACUSE DE RECIBO	895
Maria Isabel Sarachaga, Arantzazu Burgos, Maria Luz Alvarez, Elisabet Estévez and Marga Marcos. UN ENFOQUE METODOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN RECONFIGURABLES	903
Javier Rico-Azagra, Ramon Rico, Paloma Maisterra and Montserrat Gil-Martinez. COMPARACIÓN DE ALGORITMOS DE ESTIMACIÓN DE ACTITUD	911
Álvar Sánchez Fernández, Maria Jesus Fuente and Gregorio Ismael Sainz-Palmero. DETECCIÓN DE FALLOS EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE PCA DISTRIBUIDO	921
Inari Badillo, Josu Jugo, Joaquin Portilla, Jorge Feuchtwanger, Carlos San Vicente and Victor Etxebarria. TÉCNICAS NOVEDOSAS PARA CONTROL Y DIAGNÓSTICO ORIENTADO A ACELERADORES DE PARTÍCULAS	929
Juan Diego Gil, Alba Ruiz-Aguirre, Lidia Roca, Guillermo Zaragoza, Manuel Berenguel and Jose Luis Guzman. CONTROL DE PLANTAS DE DESTILACIÓN POR MEMBRANAS CON APOYO DE ENERGÍA SOLAR – PARTE 1: ESQUEMAS	937
Juan Diego Gil, Alba Ruiz-Aguirre, Lidia Roca, Guillermo Zaragoza, Manuel Berenguel and Jose Luis Guzman. CONTROL DE PLANTAS DE DESTILACIÓN POR MEMBRANAS CON APOYO DE ENERGÍA SOLAR – PARTE 2: RESULTADOS	944
David Rodríguez, José A. Alfaya, Guillermo Bejarano, Manuel G. Ortega and Fernando Castaño. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE UNA PLANTA EXPERIMENTAL DE REFRIGERACIÓN	951
Fernando Morilla, Francisco Vazquez, David Rodriguez, Juan Garrido and Sergio Fragoso. RANGO DE OPERACIÓN EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR	959
Ester Sales-Setién, Ignacio Peñarrocha and Daniel Dolz Algaba. DETECCIÓN DE FALLOS EN LA ORIENTACIÓN DE PALAS EN AEROGENERADORES MEDIANTE OBSERVADORES H2 TIPO PI	966
Ramon Rico, Paloma Maisterra, Montserrat Gil-Martínez, Javier Rico-Azagra and Silvano Nájera. IDENTIFICACIÓN EXPERIMENTAL DE LOS PARÁMETROS DE UN CUATRIRROTOR	973
Olivia Neila, Samira Roshany-Yamchi, Bartłomiej Gnyszka, Daniel Limón and Juan Manuel Escaño. CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO EN UN PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200	983
Alvaro Serna, Fernando Tadeo and Julio E Normey-Rico. PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO POR ENERGÍAS RENOVABLES EN UNA PLATAFORMA HÍBRIDA EN ALTA MAR	989
Jesús M. Zamarreño, María J. Fuente and Luis F. Acebes. DESARROLLO DE UN CONTROLADOR PID ACCESIBLE COMO SERVIDOR OPC	997
Pablo Cano Marchal, Javier Gámez García and Juan Gómez Ortega. SISTEMA DE APOYO A LA DECISIÓN BASADO EN MAPAS BORROSOS COGNITIVOS Y CONTROL RUN-TO-RUN PARA LA DETERMINACIÓN DE PUNTOS DE OPERACIÓN	1001
Ignacio Santín, Carles Pedret and Ramón Vilanova. EFFLUENT PREDICTIONS IN WASTEWATER TREATMENT PLANTS FOR THE CONTROL STRATEGIES SELECTION	1009
Mario L. Ruz, Félix A. Berlanga, Francisco Vázquez, Manuel Ruiz de Adana, Miguel Zamora and Adoración Cerezuela. SUPERVISIÓN Y CONTROL DE UN BANCO DE ENSAYOS PARA MÁQUINAS DE REFRIGERACIÓN Y CLIMATIZACIÓN	1017

Montse Meneses and Ramon Vilanova. ENVIRONMENTAL EVALUATION OF CONTROL STRATEGIES FOR WASTEWATER TREATMENT PLANT OPERATION	1025
F. Javier García, Eduardo J. Moya and Alfonso Poncela. DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS BLUETOOTH PARA CONTROL DE ACCESO	1034
María Macarena Sevilla, David Bárcena, Iñaki Díaz, Emilio Sánchez and Jorge Juan Gil. CONTROL DE UN SISTEMA NO LINEAL CON RETRASO VENTILADOR-PLACA	1042
Pablo González-Nalda, Isidro Calvo, Ismael Etxeberria-Agiriano, Ekaitz Zulueta and José Manuel López-Gude. HACIA UN FRAMEWORK BASADO EN ROS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS CIBERFÍSICOS	1050
Alfonso Poncela, Eduardo J. Moya and F. Javier García. DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN SCADA EN .NET ORIENTADA AL CONTROL Y SUPERVISIÓN DE LAS MAQUETAS MT-542 Y MD-544 CON EASYPORT DE FESTO Y PC	1058
Marian Barbu, Emil Ceanga, Ramon Vilanova and Orlando Arrieta. ROBUST CONTROL SOLUTIONS TO REDUCE THE INFLUENCE OF INFLUENT VARIATIONS ON A WASTEWATER TREATMENT PLANT	1066
José Miguel Gutiérrez Guerrero and Juan Antonio Holgado Terriza. MOBILE HUMAN MACHINE INTERFACE BASED IN OPC UA FOR THE CONTROL OF INDUSTRIAL PROCESSES.	1073
Fernandez Marron Jose Luis, Blazquez Martinez Juan and José Miguel Barcala. USO DE LA REDUNDANCIA DE SENsoRES PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE MALFUNCIONES	1081
Lily Ellebracht and Vicenç Puig. AUTOMATIC, IN-BIN GRAIN DRYING USING MODEL PREDICTIVE CONTROL	1085

ESTIMACIÓN DE ALTURA RELATIVA USANDO MÉTODOS BASADOS EN LA APARIENCIA GLOBAL DE IMÁGENES OMNIDIRECCIONALES

Y. Berenguer, L. Payá, O. Reinoso, A. Peidró, L.M. Jiménez y M. Ballesta

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática.

Universidad Miguel Hernández de Elche. Avda. de la Universidad s/n. 03202, Elche (Alicante), Spain.

{yberenguer, lpayá, o.reinoso, apeidro, luis.jimenez, m.ballesta}@umh.es,

Resumen

Este trabajo presenta un método de estimación de la altura que utiliza información visual. Este método se basa en la apariencia global de las escenas. Cada escena omnidireccional se describe con un descriptor de apariencia global sin ninguna otra transformación. Este método se pone a prueba con nuestra propia base de datos de imágenes la cual generamos de forma sintética simulando dos salas virtuales diferentes. Una de las ventajas de la generación de las imágenes sintéticamente es que podemos añadir ruido u occlusiones a las imágenes para probar la robustez de los algoritmos. Esta base de datos está formada por un conjunto de imágenes omnidireccionales capturadas desde diferentes puntos de estas habitaciones y en diferentes alturas. Con estas escenas construimos el descriptor de cada imagen y utilizamos nuestro método para estimar la altura relativa del robot. Los resultados experimentales muestran la eficacia y la robustez del método.

Palabras clave: estimación de la altura, imágenes omnidireccionales, transformada de Radon, visión por computador.

1. INTRODUCCIÓN

Cuando un robot móvil tiene que hacer una tarea en un entorno desconocido, debe realizar dos pasos fundamentales. Por un lado, debe crear una representación interna del entorno desconocido (mapa) y por otro lado debe ser capaz de estimar su posición dentro del mapa. El robot utiliza la información extraída del entorno a través de los diferentes sensores con los cuales está equipado. Esta información se compara con los datos almacenados en el mapa para estimar la posición del robot. Hay muchos tipos de sensores que proporcionan información útil para el robot, tales como sensores de contacto, *encoders*, láseres o sensores de visión.

Los sensores de visión tienen propiedades que los hacen muy útiles en robótica móvil. Estos sensores proporcionan una rica información del entorno y tienen múltiples configuraciones posibles. En es-

te trabajo utilizamos la configuración omnidireccional. Podemos encontrar muchos trabajos anteriores que utilizan imágenes omnidireccionales en tareas de navegación, tales como [13].

Los desarrollos clásicos en robótica móvil, utilizando sensores visuales, se basan en la extracción y descripción de algunos puntos característicos de las escenas. Estos puntos característicos pueden ser naturales o artificiales, como descriptores SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) [8] y SURF (Speeded-Up Robust Features) [2].

Más recientemente algunos trabajos proponen el uso de información global de las imágenes para crear los descriptores. Estas técnicas han demostrado ser una buena opción para resolver los problemas de localización y de navegación en 2D. [3] y [11] son dos ejemplos de ello.

Hoy en día, los vehículos aéreos no tripulados (Unmanned Aerial Vehicles) son robots muy populares y versátiles con los cuales se pueden realizar varias tareas en el campo de la robótica móvil. Algunos investigadores se han enfrentado anteriormente al problema de la localización con este tipo de robots, tales como [9].

En comparación con trabajos anteriores, la contribución de este trabajo es la extensión del uso de descriptores de apariencia global basados en imágenes omnidireccionales para estimar la altura del robot. Además las imágenes omnidireccionales las utilizamos tal cual las proporciona el sensor de visión, sin transformaciones adicionales (es decir, sin convertirlas a formato panorámico, ya que supondría un coste computacional adicional, como se muestra en [1]). Sólo creamos un descriptor de apariencia global para cada imagen omnidireccional basado en la transformada de Radon. El procedimiento para obtener este descriptor se resume en la siguiente sección.

En esta investigación el UAV no cambia su inclinación con respecto al eje z. Será capaz de estimar la altura relativa entre dos posiciones diferentes a lo largo de este eje, usando únicamente información visual. La Figura 6 muestra el esquema de sistema que utilizamos en este trabajo, en este esquema podemos observar las direcciones de los

ejes, el foco de la cámara (F) y el foco del espejo (F').

Los experimentos con nuestro método se han llevado a cabo con nuestra propia base de datos de imágenes sintética. Esta base de datos ha sido creada con dos entornos sintéticos de dos habitaciones diferentes.

El resto de este documento se estructura de la siguiente manera. La Sección 2 introduce el método que utilizamos para describir el aspecto global, la transformada de Radon. La Sección 3 presenta el algoritmo que hemos diseñado para la estimación de la altura. La Sección 4 describe la base de datos de imágenes que se utiliza en este trabajo. La Sección 5 presenta los experimentos y resultados. Y por último en la Sección 6 se resumen las conclusiones.

2. DESCRIPTORES DE APARIENCIA GLOBAL: LA TRANSFORMADA DE RADON

Los métodos basados en la apariencia global de las escenas constituyen una alternativa robusta en comparación con los métodos basados en la extracción de características. Esto se debe a que los descriptores de apariencia global representan el entorno a través de características de alto nivel que pueden ser interpretadas y manejadas fácilmente.

En esta sección se presenta el descriptor que hemos utilizado para describir las escenas. Se basa en la apariencia global sin ninguna segmentación o extracción de puntos característicos.

En el diseño de un nuevo método de descripción, debemos tener en cuenta varios elementos. Este descriptor debe tener un efecto de compresión en la información de la imagen. Debe existir una correspondencia entre la distancia de dos descriptores y la distancia de las dos posiciones en las cuales se capturaron las imágenes. El coste computacional para calcularlos y compararlos debe ser bajo, de manera que este descriptor se pueda utilizar en tiempo real. Debe proporcionar robustez frente al ruido, cambios de iluminación, occlusiones y cambios de posición de los objetos en el entorno. Además, debe tener información de la orientación que el robot tenía cuando se capturó la imagen. En la Sección 5 vamos a comprobar si se cumplen estas características.

Usaremos la transformada de Radon que se describe en [12]. Investigaciones anteriores demuestran la eficacia de este descriptor en la descripción de formas y en la segmentación como [5] y [4].

La transformada de Radon en 2D consiste en la integral de una función 2D a través de líneas rectas (proyección o integral de línea).

Esta transformación es invertible. La inversa de la transformada de Radon reconstruye una imagen a partir de sus proyecciones (integrales de línea).

La transformada de Radon se puede definir como:

$$\begin{aligned} \mathcal{R}\{f(x, y)\} = \lambda_f(p, \phi) = \\ = \iint_{-\infty}^{+\infty} f(x, y) \delta(p - \vec{r} \Delta \widehat{\vec{p}}) dx dy \end{aligned} \quad (1)$$

Donde $f(x, y)$ es la función a transformar. δ es la función delta de Dirac ($\delta(x) = 1$ cuando $x = 0$ y $\delta(x) = 0$ en el resto). La línea de integración se especifica mediante el vector radial \vec{p} que está definido por $\vec{p} = \widehat{\vec{p}} \cdot p$, donde $\widehat{\vec{p}}$ es un vector unitario en la dirección de \vec{p} . p es el módulo de \vec{p} definido por:

$$p = |\vec{p}| \quad (2)$$

Las proyecciones de línea integrales evaluadas para cada ángulo de acimut, ϕ , producen una función polar 2D, λ_f , que depende de la distancia radial p y el ángulo de azimut ϕ . \vec{r} es un conjunto de puntos que son perpendiculares a \vec{p} .

El cálculo de la transformada de Radon de una imagen $im(x, y)$ a lo largo de la línea $c_1(d, \phi)$ (Figura 1) viene dado por la siguiente expresión equivalente:

$$\mathcal{R}\{im(x, y)\} = \int_{\mathbb{R}} im(x' \cos \phi - y' \sin \phi + y' \cos \phi) ds \quad (3)$$

donde

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi & \sin \phi \\ -\sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (4)$$

Cuando la transformada de Radon se aplica a imágenes, se calculan las proyecciones de las imágenes a través de un conjunto de integrales de línea a lo largo de líneas paralelas en determinadas direcciones. La distancia entre las líneas paralelas es por lo general un píxel. La Figura 2(a) muestra los caminos de integración para calcular la transformada de Radon de una imagen en la dirección ϕ , y la Figura 2(b) muestra el proceso de construcción de la transformada de Radon.

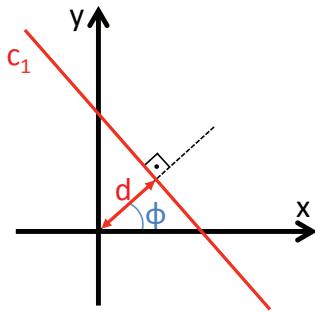


Figura 1: Parametrización de la línea a través de la distancia al origen d y del ángulo, ϕ , entre la línea normal y el eje x .

La Figura 3 muestra, a la izquierda, una imagen en blanco y negro y, a la derecha, su transformada de Radon. Además se muestra gráficamente el proceso para calcular la transformada de Radon.

2.1. Propiedades de la Transformada de Radon

La transformada de Radon tiene varias propiedades que la hacen muy útil en tareas de localización usando imágenes. Estas propiedades son las siguientes:

- Linealidad: La transformada de Radon tiene la propiedad de linealidad ya que la operación de integración es una función lineal del integrando:

$$\mathcal{R}\{\alpha f + \beta g\} = \alpha \mathcal{R}\{f\} + \beta \mathcal{R}\{g\} \quad (5)$$

- Traslación: La transformada de Radon es una operación que varía con la traslación. La traslación de una función de dos dimensiones, por un vector $\vec{r}_0 = (x_0, y_0)$, tiene un efecto de traslación para cada proyección, esta traslación viene dada por una distancia $\vec{r}' \cdot (\cos \phi, \sin \phi)$.

- Rotación: Si la imagen se gira un ángulo ϕ_o , se traduce en un cambio de ϕ_0 de la transformada de Radon a lo largo de la variable ϕ . (desplazamiento de columnas).

- Escalado: El escalado de f por un factor b implica un escalado de la coordenada d y la amplitud por un factor b , y supone un escalado de la transformada de Radon en un factor de $1/b$.

$$\mathcal{R}\left\{f\left(\frac{x}{b}, \frac{y}{b}\right)\right\} = |b| \lambda_f\left(\frac{d}{b}, \phi\right) \quad (6)$$

3. ESTIMACIÓN DE LA ALTURA

La transformada de Radon se ha utilizado ampliamente en aplicaciones de imágenes médicas y en la descripción de formas en las escenas. Sin embargo no hemos encontrado ninguna aplicación previa de esta transformada para la localización del robot y la estimación de altura. En esta sección, se presenta un método basado en la transformada de Radon para obtener un estimador de altura topológico. El método proporciona información de la dirección y de la magnitud del desplazamiento vertical del robot utilizando sólo imágenes omnidireccionales capturadas por una cámara montada en el robot.

El método compara una imagen capturada a una altura determinada con otra imagen capturada a otra altura diferente. Como resultado, se estima la altura relativa entre las dos imágenes.

3.1. Compresión-Expansión de la Transformada de Radon

La clave del método reside en las diferencias entre la transformada de Radon de dos escenas capturadas a diferentes alturas. Si el desplazamiento vertical es hacia arriba, entonces los objetos en la escena omnidireccional tienden a moverse hacia el centro de la imagen. Esto produce que la información en las columnas de la transformada de Radon experimente un movimiento hacia la fila central. Y viceversa, si el desplazamiento es hacia abajo, la información de las columnas se mueve hacia el exterior de la fila central. Este efecto está relacionado con la propiedad de escalado de la transformada de Radon, Ecuación (6).

Esta propiedad produce un cambio característico en la transformada de Radon. Cuando el robot se mueve hacia arriba, la información en las columnas de la transformada de Radon tiende a moverse hacia la fila central (efecto de compresión), y cuando el robot se mueve hacia abajo, la información en las columnas tiende a moverse hacia el exterior de la fila central (efecto de expansión). El método que utilizamos para estimar la altura del robot, se basa en estos efectos.

La Figura 4 muestra un ejemplo de esta propiedad, en ella se pueden ver dos imágenes omnidireccionales capturadas a diferentes alturas (1m y 1,5m) y sus correspondientes transformadas de Radon. En esta figura se puede observar que en la segunda imagen los objetos se han movido hacia el centro de la imagen omnidireccional y la transformada de Radon presenta un efecto de *compresión* con respecto la fila central.

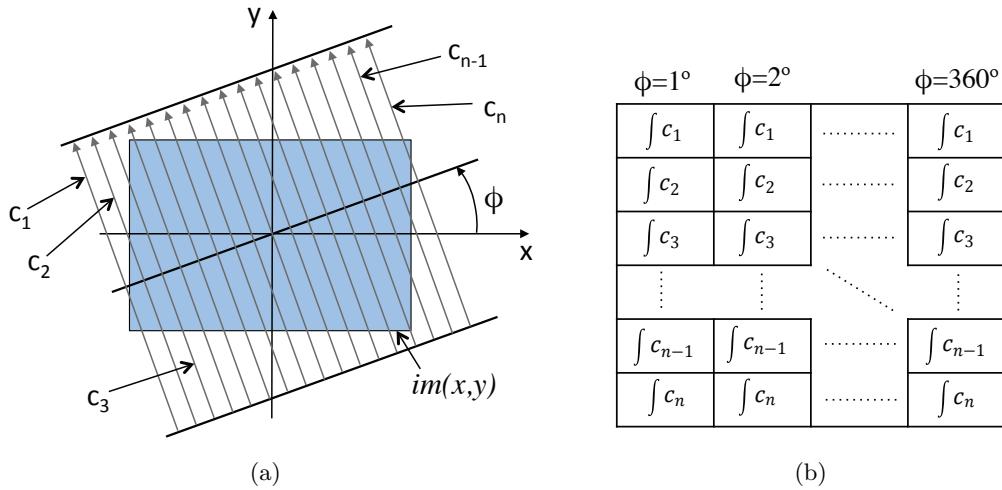


Figura 2: (a) Caminos de integración para calcular la transformada de Radon de la imagen $im(x,y)$ en la dirección ϕ . (b) Matriz de la transformada de Radon de la imagen $im(x,y)$.

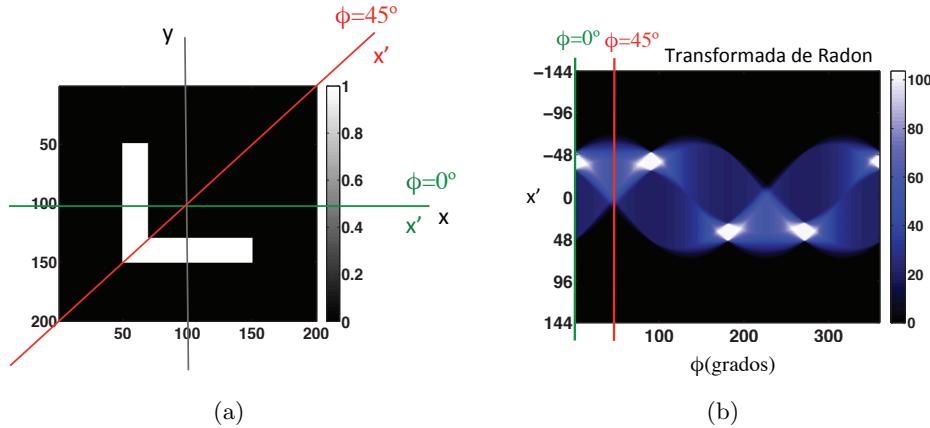


Figura 3: (a) Imagen ejemplo. (b) Transformada de Radon de la imagen ejemplo.

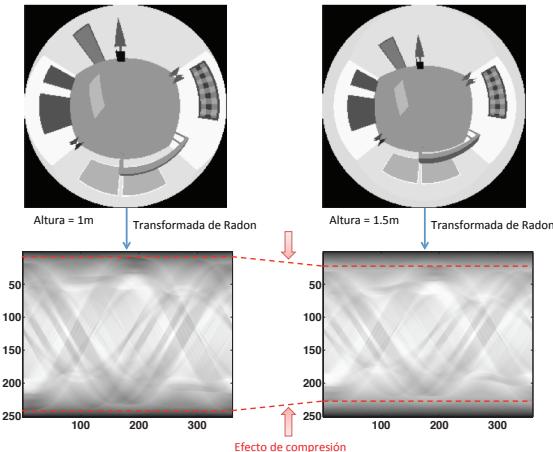


Figura 4: Ejemplo del efecto de compresión de la transformada de Radon.

3.2. POC (Phase Only Correlation)

En este apartado se presenta el método que utilizamos para comparar dos transformadas de Radon.

En general, una función en el dominio de la frecuencia se define por su amplitud y su fase. A veces, sólo se tiene en cuenta la amplitud y la información de fase por lo general se descarta. Sin embargo, cuando la amplitud y las características de fase se examinan en el dominio de Fourier, se deduce que las características de fase contienen también información importante porque reflejan las características de los patrones en las imágenes.

La correspondencia entre dos imágenes $im_1(x,y)$ e $im_2(x,y)$ calculada mediante POC viene dada por la siguiente ecuación:

$$C(x,y) = \mathcal{F}^{-1} \left\{ \frac{\mathbf{IM}_1(u,v) \cdot \mathbf{IM}_2^*(u,v)}{|\mathbf{IM}_1(u,v) \cdot \mathbf{IM}_2^*(u,v)|} \right\} \quad (7)$$

Donde \mathbf{IM}_1 es la transformada de Fourier de la imagen 1 y \mathbf{IM}_2^* es el conjugado de la transformada de Fourier de la imagen 2. \mathcal{F}^{-1} es el operador de la transformada inversa de Fourier.

$\max\{C(x, y)\}$ es un coeficiente que toma valores en el intervalo $[0, 1]$ y mide la similitud entre las dos imágenes. Esta medida es invariable ante translaciones en la imagen original. Para estimar la similitud entre dos imágenes hemos utilizado la siguiente expresión:

$$dist(im_1, im_2) = 1 - \max\{C(x, y)\} \quad (8)$$

Además, es posible estimar los desplazamientos relativos entre las dos imágenes Δ_x y Δ_y a lo largo de ambos ejes por:

$$(\Delta_x, \Delta_y) = argmax_{(x,y)}\{C(x, y)\} \quad (9)$$

Si usamos la transformada de Radon en lugar de imágenes, el valor Δ_x es igual a la orientación relativa del robot cuando se capturaron las dos imágenes.

De esta manera, POC es capaz de comparar dos imágenes de forma independiente de la orientación y también es capaz de estimar este cambio de orientación.

3.3. Método de Estimación de Altura

El método de estimación de altura se basa en los conceptos descritos en las dos subsecciones anteriores. Es invariante a la rotación con respecto al eje z gracias a la utilización de POC para comparar transformadas de Radon. El método funciona de la siguiente manera.

El robot toma una imagen omnidireccional de su primera posición y guarda su transformada de Radon. A continuación, el robot se mueve hacia arriba o hacia abajo, capta una nueva imagen omnidireccional y guarda la transformada de Radon de esta nueva imagen.

El siguiente paso consiste en detectar la diferencia de altura entre las imágenes. Como sabemos que esto produce un efecto de compresión en la transformada de Radon con respecto a la fila central, nuestro procedimiento consiste en aplicar un factor de escala a para cada columna de la primera transformada de Radon y comparar el resultado con la segunda transformada de Radon usando POC. A continuación, se obtiene la distancia utilizando la Ecuación (8). Este paso se repite aumentando el factor de compresión a en cada paso, hasta que la compresión no tiene sentido, porque la transformada no tiene información relevante. En este momento el robot tiene un vector de valores de distancia V_d calculadas con POC, cada elemento del vector corresponde a un valor del factor de compresión a . El factor a , que ha producido el

mínimo del vector de distancias V_d , es una magnitud proporcional a la altura relativa, a' .

El problema en este punto es que el robot no sabe la dirección de traslación (hacia arriba o hacia abajo). Si la traslación es hacia arriba, la segunda transformada de Radon sufre una compresión, pero si la traslación es hacia abajo entonces la primera transformada de Radon es la que sufre una compresión.

Para tener en cuenta este problema: En primer lugar, el robot comprime gradualmente la primera transformada de Radon y lleva a cabo el método descrito en el párrafo anterior, para obtener el factor a' , pero en este caso el robot también tiene que guardar la mínima magnitud d_{min} en el vector de distancias V_d . Este caso sería el correcto si el robot se moviera hacia arriba

En segundo lugar, el robot repite el proceso de compresión con la segunda imagen. Este caso sería el caso correcto si el robot se moviera hacia abajo.

Por último, el robot tiene dos factores: a'_1 de el primer caso y a'_2 de el segundo caso, y tiene dos distancias mínimas d_{min} : d_{min1} y d_{min2} . El mínimo entre d_{min1} y d_{min2} determina cual es el caso correcto.

Al final del proceso, el robot tiene una magnitud a' proporcional al desplazamiento vertical y, dependiendo del caso correcto, el desplazamiento ha sido hacia arriba (caso 1) o hacia abajo (caso 2).

4. BASE DE DATOS DE IMÁGENES

Con el objetivo de comprobar el funcionamiento del método propuesto, hemos creado dos entornos virtuales que representan dos habitaciones diferentes. En estos entornos, es posible crear una imagen omnidireccional desde cualquier posición. La Figura 5 muestra un esquema de los dos entornos.

Las imágenes omnidireccionales tienen 250×250 píxeles y han sido creadas utilizando el espejo hiperbólico que se describe en la Figura 6. Los parámetros utilizados en la ecuación del espejo son $a = 40$ y $b = 160$.

Se han capturado varias imágenes en ambos entornos. En cada uno de ellos hemos elegido varias posiciones en el suelo y un conjunto de imágenes tomadas por encima de estas posiciones. La altura mínima es de 100 mm, y el máximo de 2000 mm, con un paso de 100 mm. En la Figura 4 se puede ver un ejemplo de dos imágenes de la misma posición a diferentes alturas. Y la Figura 7 muestra una imagen omnidireccional de cada entorno.

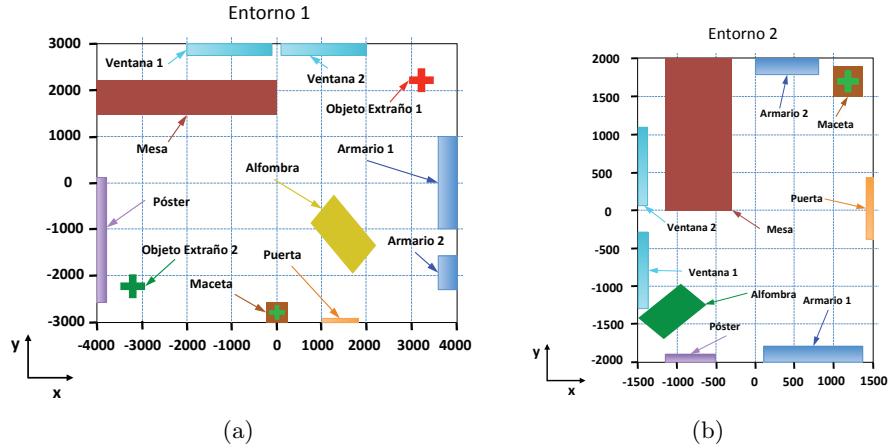


Figura 5: (a) Plano del entorno 1. (b) Plano del entorno 2. (Dimensiones en milímetros)

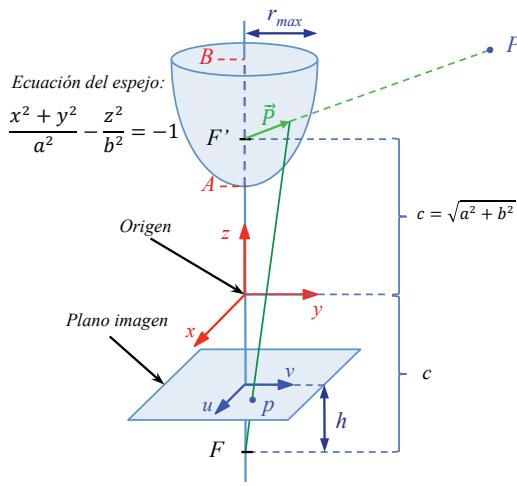


Figura 6: Esquema del espejo hiperbólico utilizado para generar las imágenes sintéticas omnidireccionales

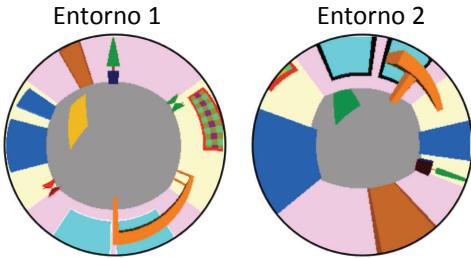


Figura 7: Un ejemplo de imagen omnidireccional para cada entorno.

5. EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

En esta sección se muestran los resultados de los experimentos utilizando nuestro método de estimación de la altura. Como se expone en el

apartado 3, uno de los pasos necesarios es diferenciar la dirección de la traslación (hacia arriba o hacia abajo). Para distinguir esto, es necesario calcular la diferencia entre ambos valores: $\min(V_{d1}) - \min(V_{d2})$. Esta diferencia determina cual es el menor de los mínimos y con esto se determina cual es la dirección correcta (hacia arriba o hacia abajo).

La Figura 8 muestra un ejemplo de esto. En esta figura se toma la imagen capturada en 1000 mm como referencia. La Figura 8(a) y la figura 8(b) muestran el mínimo de los vectores V_{d1} (caso 1) y V_{d2} (caso 2). La Figura 8(c) muestra la diferencia entre ambos vectores. Si la diferencia es negativa, el caso correcto es el caso 1 y si la diferencia es positiva, el caso correcto es el caso 2. En la Figura 8(d) se representa el factor a' para cada altura en ambos casos (caso 1: hacia abajo y el caso 2: hacia arriba). Este factor es proporcional a la altura relativa real entre la imagen de referencia y la de test. Como podemos observar en la Figura 8(c), el caso correcto para alturas inferiores a 1000 mm es el caso 1 (hacia abajo) y para alturas superiores a 1000 mm es el caso 2 (hacia arriba). Esto determina que en la Figura 8(d) la línea azul a la izquierda de 1000 mm indica la magnitud de la traslación hacia abajo de la imagen de referencia y la línea roja a la derecha de 1000 mm indica la magnitud de la traslación hacia arriba. Podemos observar que las funciones tienen una forma aproximadamente lineal.

La Figura 8 es un ejemplo específico para mostrar las etapas del procedimiento. Para demostrar el correcto funcionamiento de nuestro método hemos hecho toda una serie de experimentos con los dos entornos virtuales en diferentes posiciones. La figura 9 muestra las posiciones en las cuales se han capturado las imágenes en cada entorno para llevar a cabo los experimentos. Utilizamos un total

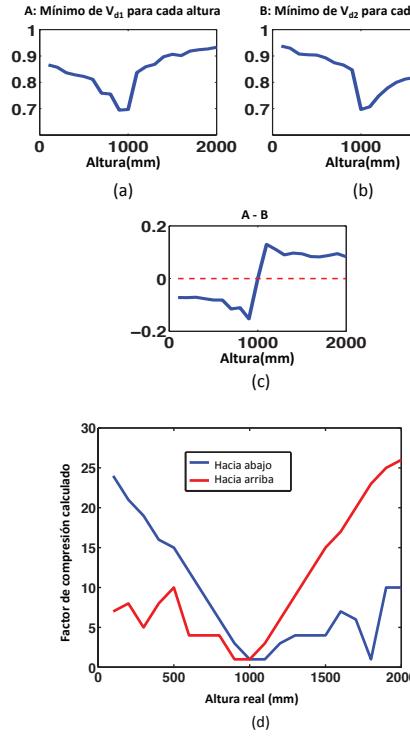


Figura 8: Mínimo de los vectores (a) V_{d1} (caso 1) y (b) V_{d2} (caso 2). (c) Diferencia entre (a) y (b). (d) Factor a' el cual es proporcional a la altura relativa real entre cada imagen y la imagen de test. Este ejemplo es en el entorno 1 con la siguiente posición: $x = 0$ mm e $y = 0$ mm.

de 14 posiciones con 20 imágenes en cada posición.

En la Figura 10, se pueden observar los resultados de estos experimentos. La línea roja muestra la magnitud de la traslación hacia arriba y la línea azul muestra la magnitud de la traslación hacia abajo. Podemos observar que estos experimentos demuestran que el método es muy lineal para valores de altura relativa alrededor de 1 metro.

6. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos presentado un método para estimar la altura de un robot. Este método utiliza imágenes omnidireccionales y las transforma con la transformada de Radon para obtener los descriptores de cada imagen. Además, compara los descriptores y, finalmente, calcula la altura relativa del robot. Para ello se tienen en cuenta los cambios que sufre la transformada de Radon cuando el robot cambia su altura.

Los experimentos incluidos en este trabajo utilizan nuestra propia base de datos de imágenes creada sintéticamente a partir de dos entornos diferentes. Los resultados demuestran que el método es capaz de estimar la altura relativa entre dos imágenes

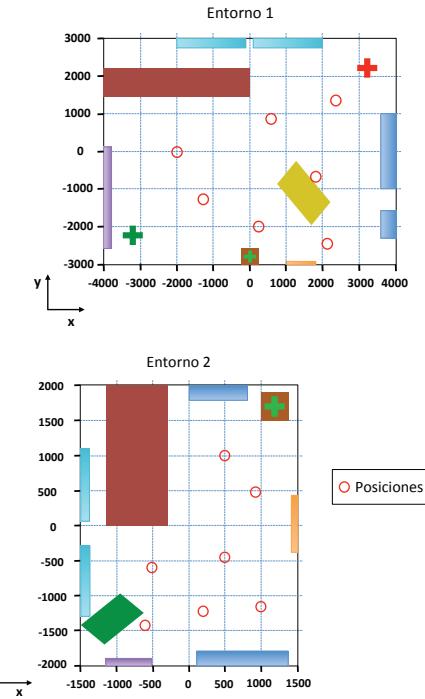


Figura 9: Posiciones de las imágenes de test en cada entorno.

con robustez y linealidad.

El método es invariante a la rotación con respecto al plano del suelo porque la comparación POC es invariante a los cambios de la transformada de Radon.

Los resultados de este trabajo nos animan a continuar con esta línea de investigación. Será interesante hacer los experimentos con imágenes reales y también con imágenes que tengan ruido, oclusiones o cambios en las condiciones de iluminación. Además creemos que el estudio de los movimientos en 6 grados de libertad sería una línea de investigación interesante.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el gobierno español a través del proyecto DPI2013-41557-P: “Navegación de robots en entornos dinámicos mediante mapas compactos con información visual de apariencia global”. Y por la Generalitat Valenciana a través del proyecto GV/2015/031: “Creación de mapas topológicos a partir de la apariencia global de un conjunto de escenas”.

Referencias

- [1] F. Amorós, L. Payá, O. Reinoso, and D. Valiente. Towards relative altitude estimation in topological navigation tasks using the global appearance of visual information. *VISAPP 2014, International Conference on Computer Vision Theory and*

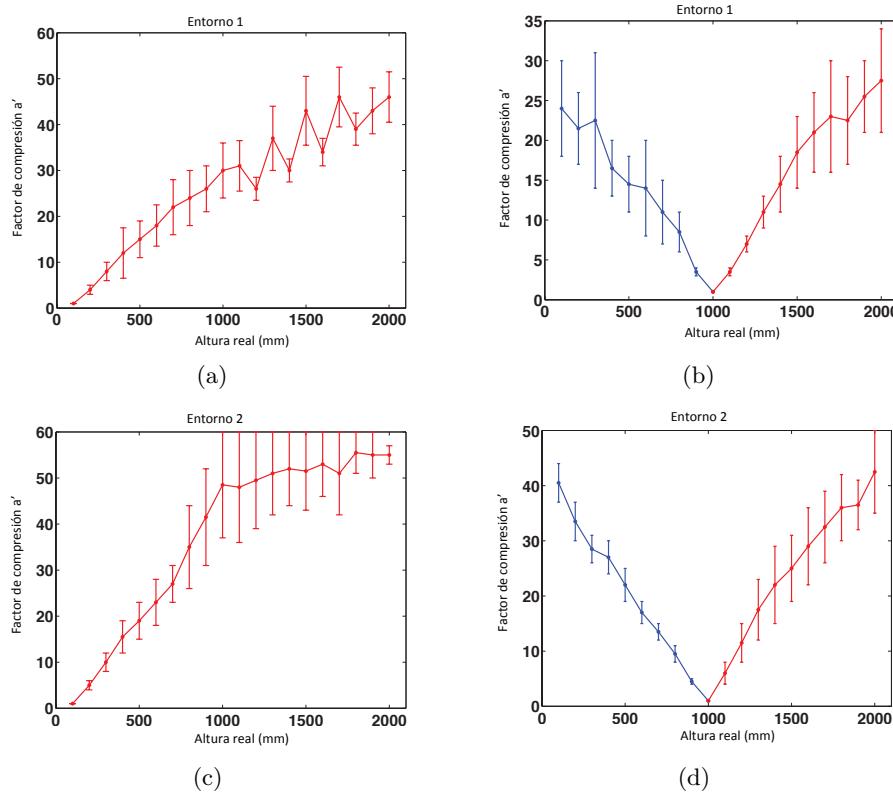


Figura 10: Experimentos en el entorno 1 con la imagen de referencia a una altura de (a) 100 mm y (b) 1000 mm. Y en el entorno 2 con la imagen de referencia a una altura de (c) 100 mm y (d) 1000 mm.

- Applications*, 1:194–201, 2014.
- [2] H. Bay, T. Tuytelaars, and L. Gool. Surf: Speeded up robust features. *Computer Vision at ECCV 2006*, 3951:404–417, 2006.
 - [3] C.K. Chang, C. Siagian, and L. Itti. Mobile robot vision navigation and localization using gist and saliency. *IROS 2010, Int. Con on Intelligent Robots and Systems*, pages 4147–4154, 2010.
 - [4] M. Hasegawa and S. Tabbone. A shape descriptor combining logarithmic-scale histogram of radon transform and phase-only correlation function. In *Document Analysis and Recognition (ICDAR), 2011 International Conference on*, pages 182–186, Sept 2011.
 - [5] T.V. Hoang and S. Tabbone. A geometric invariant shape descriptor based on the radon, fourier, and mellin transforms. In *Pattern Recognition (ICPR), 2010 20th International Conference on*, pages 2085–2088, Aug 2010.
 - [6] K. Kobayashi, T. Aoki, K. Ito, H. Nakajima, and T. Higuchi. A fingerprint matching algorithm using phase-only correlation. *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, pages 682–691, 2004.
 - [7] C.D. Kuglin and D.C. Hines. The phase correlation image alignment method. In *Proceedings of the IEEE, International Conference on Cybernetics and Society*, pages 163–165, 1975.
 - [8] D.G. Lowe. Object recognition from local scale-invariant features. *ICCV 1999, Int. Con. on Computer Vision*, 2:1150–1157, 1999.
 - [9] I.F. Mondragon, M.A. Olivares-Méndez, P. Campoy, C. Martínez, and L. Mejias. Unmanned aerial vehicles uavs attitude, height, motion estimation and control using visual systems. *Autonomous Robots*, 29:17–34, 2010.
 - [10] A.V. Oppenheim and J.S. Lim. The importance of phase in signals. *Proceedings of the IEEE*, 69(5):529–541, May 1981.
 - [11] L. Payá, L. Fernández, L. Gil, and O. Reinoso. Map building and monte carlo localization using global appearance of omnidirectional images. *Sensors*, 10(12):11468–11497, 2010.
 - [12] J. Radon. Über die bestimmung von funktionen durch ihre integralwerte langs gewisser mannigfaltigkeiten. *Berichte Sachsische Akademie der Wissenschaften*, 69(1):262–277, 1917.
 - [13] N. Winters, J. Gaspar, G. Lacev, and J. Santos-Victor. Omni-directional vision for robot navigation. *IEEE Workshop on Omnidirectional Vision*, pages 21–28, 2000.