

ESTYLF2014

XVII CONGRESO ESPAÑOL SOBRE
TECNOLOGÍAS Y LÓGICA FUZZY

5-7 FEBRERO
ZARAGOZA



LIBRO DE ACTAS

ESTYLF2014

XVII CONGRESO ESPAÑOL SOBRE
TECNOLOGÍAS Y LÓGICA FUZZY



5-7 FEBRERO
ZARAGOZA

LIBRO DE ACTAS

ORGANIZADORES:

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas, Universidad de Zaragoza

EDITORES:

Fernando Bobillo
Humberto Bustince
Francisco Javier Fernández
Enrique Herrera-Viedma

ENTIDADES PATROCINADORAS:

European Society for Fuzzy Logic and Technology
Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Granada Excellence Network of Innovation Laboratories
Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería de Aragón
Universidad de Zaragoza



Departamento de
Informática e Ingeniería
de Sistemas
Universidad Zaragoza



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza



Universidad
Zaragoza



Instituto Universitario de Investigación
de Ingeniería de Aragón
Universidad Zaragoza



DEPÓSITO LEGAL: Z-151-2014

ISBN: 978-84-15688-76-1

DISEÑO DE PORTADA
E IMPRESIÓN.-



stylo DIGITAL [stylo@stylo digital.com]

IMPRESO EN ESPAÑA / PRINTED IN SPAIN

Tabla de contenidos

Sesión regular

<i>¿Puede la lógica fuzzy ayudar a formalizar las situaciones imponderables? (A través de Smith, Schlaudt y Fraasen)</i> Carlos Ortiz de Landázuri	1-8
<i>Operadores de T-indistinguibilidad respecto a sumas ordinales</i> Dionis Boixader y Jordi Recasens	9-14
<i>Programación lógica lingüística</i> Clemente Rubio-Manzano y Pascual Julián-Iranzo	15-20
<i>Multi-criteria decision making with linguistic labels: a comparison of two methodologies applied to energy planning</i> Arayeh Afsordegan, Mónica Sánchez, Nuria Agell, Lázaro Cremades y Siamak Zahedi	21-26
<i>Modelos de conjuntos difusos rugosos tolerantes al ruido: definiciones y propiedades</i> Lynn D'Eer, Nele Verbiest, Chris Cornelis y Lluís Godo	27-32
<i>Elicitación de probabilidades difusas</i> Eloy Vicente Cestero, Alfonso Mateos Caballero y Antonio Jiménez Martín	33-38
<i>¿Cuántos clústers hay? El algoritmo WAT</i> Gabriel Mattioli	39-44
<i>Some illustrative examples of permutability of fuzzy operators y fuzzy relations</i> Neus Carmona Cervelló, Jorge Elorza, Jordi Recasens y Jean Bragard	45-50
<i>Software para ejecutar diversos tipos de división relacional difusa</i> David E. Casas Del Rosal y José Galindo Gómez	51-56
<i>Contractible and recursively reducible measures of specificity</i> Luis Garmendia, Ramón González y Ronald R. Yager	57-60
<i>Aplicación de la lógica fuzzy a la creación áreas cortafuegos compatibles con la extracción de biomasa con fines energéticos</i> Irma Fernández Migueláñez, Javier Madrigal Olmo, Luis Garmendia, Carmen Hernando Lara y Mercedes Guijarro Guzmán	61-66
<i>Estudio preliminar sobre el uso de operadores de agregación uninorma en el modelado difuso lingüístico</i> Francisco Alfredo Márquez, Sebastià Massanet y Antonio Peregrín	67-72
<i>Modeling y control of medicine production areas</i> Daniel Fernández y Adolfo R. De Soto	73-80
<i>OWA operators in multi-criteria decision analysis</i> José M. Merigó, Jian-Bo Yang y Yu-Wang Chen	81-86
<i>José Carlos R. Alcantud y Rocío De Andrés</i> A fuzzy viewpoint of consensus measures in social choice	87-92

Extensiones difusas del análisis formal de conceptos y temas afines

<i>Towards the algebraization of Formal Concept Analysis over complete dioids</i>	93-98
Francisco J. Valverde-Albacete y Carmen Peláez-Moreno	
<i>On the construction of fuzzy Galois connections</i>	99-102
Francisca García-Pardo, Inma P. Cabrera, Pablo Cordero y Manuel Ojeda-Aciego	
<i>Algunos elementos de morfología matemática en el análisis de conceptos L-difusos</i>	103-108
Cristina Alcalde, Ana Burusco y Ramón Fuentes-González	
<i>Prefiltrado para sistemas de recomendación basado en lógica difusa</i>	109-114
Pablo Cordero, Manuel Enciso, José Luis Leiva, Ángel Mora y Carlos Rossi	
<i>A survey of general operators useful for fuzzy FCA</i>	115-120
María Eugenia Cornejo, Jesús Medina y Eloísa Ramírez-Poussa	
<i>Applying multi-adjoint relation equations to fuzzy logic programming</i>	121-126
Juan Carlos Díaz y Jesús Medina	

Toma de decisión y computación con palabras. Aplicaciones

<i>Una propuesta para medir el consenso entre agentes que valoran las alternativas mediante expresiones lingüísticas imprecisas</i>	127-132
José Luis García Lapresta	
<i>Plataforma Web 2.0 para la gestión de toma de decisiones en centros educativos</i>	133-138
Juan Antonio Morente-Molinera, Raquel Ureña-Pérez, Enrique Herrera-Viedma y Antonio Gabriel López-Herrera	
<i>Gestión de expertos con comportamientos no cooperativos en procesos de consenso en grandes grupos</i>	139-144
Francisco José Quesada, Iván Palomares y Luis Martínez	
<i>Modelo lingüístico de toma de decisiones dinámicas multicriterio con información heterogénea</i>	145- 150
Santiago Zapata, Macarena Espinilla y Luis Martínez	
<i>A new linguistic consensus model based on a fuzzy ontology as weapon of influence</i>	151-156
Ignacio J. Pérez, Juan Antonio Morente-Molinera, Robin Wikström, József Mezei, Christer Carlsson y Enrique Herrera-Viedma	
<i>Dynamic CWW engine to support decisions re-evaluation</i>	157-162
Romina Torres, Rodrigo Salas y Hernán Astudillo	
<i>Algunas interpretaciones del modelo lingüístico computacional basado en números borrosos discretos</i>	163-168
Sebastià Massanet, Juan Vicente Riera y Joan Torrens	
<i>Modelo de consenso basado en estructuras de decisión dinámicas</i>	169-174
Luis Escobar-Ramírez, Pedro J. Sánchez y Luis Martínez	
<i>S-PISNA: una herramienta de análisis para grafos difusos basada en computación con palabras para la mejora de recomendación a grupos</i>	175-180
Jorge Castro, Salud Jiménez, Manuel J. Barranco y Luis Martínez	
<i>Aplicación del uso de valoraciones hesitant lingüísticos para una consultora de inmuebles</i>	181-186
Rosana Montes, Ana María Sanchez, Pedro Villar y Francisco Herrera	
<i>Flintstones: una suite para la toma de decisiones lingüísticas basada en 2-tupla lingüísticas y extensiones</i>	187-192
Francisco Javier Estrella, Macarena Espinilla y Luis Martínez	

Funciones de implicación borrosas: Teoría y aplicaciones

<i>Implicaciones residuadas definidas a partir de uninormas discretas</i> Margarita Mas, Miquel Monserrat y Joan Torrens	193-198
<i>Nuevas contrapositivaciones de implicaciones borrosas respecto de negaciones fuertes</i> Isabel Aguiló, Jaume Suñer y Joan Torrens	199-204
<i>Sobre implicaciones polinómicas</i> Sebastià Massanet, Juan Vicente Riera y Daniel Ruiz-Aguilera	205-210
<i>El problema del orden en las implicaciones intervalo-valoradas</i> María José Asiain, Humberto Bustince, Laura De Miguel, Francisco Javier Fernández y Ana Pradera	211-216

Modelos de optimización y Soft Computing

<i>A note on generalized convexity and fuzzy optimization</i> Antonio Rufián-Lizana, Rafaela Osuna-Gómez y Yurilev Chalco-Cano	217-222
<i>Planificación de rutas orientada a la calidad del servicio con tiempos difusos</i> Julio Brito, Airam Expósito, José Andrés Moreno y José Luis Verdegay	223-228
<i>Modelos fuzzy para la selección de carteras socialmente responsables</i> Clara Calvo, Carlos Ivorra y Vicente Liern	229-234
<i>Bagim-ofp. Particionamiento fuzzy de atributos desde datos imperfectos en datasets con pocos ejemplos</i> José Manuel Cadenas, María del Carmen Garrido, Raquel Martínez y Antonio Muñoz-Ledesma	235-240
<i>Problemas logísticos del lado del mar con datos imprecisos</i> Christopher Expósito, Eduardo Lalla, María Teresa Lamata, Belén Melián y Marcos Moreno	241-246
<i>Programación por metas borrosas: un nuevo enfoque mediante programación por metas estándar</i> Mariano Jiménez, Amelia Bilbao y Mar Arenas	247-252
<i>Fortalezas de los momentos posibilísticos</i> José D. Bermúdez y Enriqueta Vercher	253-258
<i>La ordenación de unidades productivas en análisis de datos envolvente difuso</i> María Teresa León e Inmaculada Sirvent	259-264
<i>Manejo de incertidumbre en el problema de localización de cobertura máxima: una revisión con énfasis en el enfoque difuso</i> Virgilio Cruz, Antonio Masegosa, David Pelta y José Luis Verdegay	265-270
<i>Price analysis for prefabricated houses with imprecise data</i> Ricardo Coelho y Carlos Cruz	271-276

Funciones de agregación

<i>Hacia una caracterización de las uninormas discretas con operadores subyacentes suaves</i> Daniel Ruiz-Aguilera y Joan Torrens	277-282
<i>When is the aggregation of weightable metrics a weightable metric?</i> Sebastià Massanet y Óscar Valero	283-288
<i>Consistencia y estabilidad en operadores de agregación: una aplicación al problema de datos perdidos</i> Daniel Gómez, Karina Rojas, Javier Montero, J. Tinguaro Rodríguez y Gleb Beliakov	289-296
<i>On weak monotonicity of some mixture functions</i> Tomas Calvo, Gleb Beliakov y Tim Wilkin	297-302

<i>Aggregation systems in complex environments with distance measures</i> José M. Merigó	303- 308
<i>Distancias y multidistancias derivadas de operadores de diferencia simétrica</i> Isabel Aguiló, Javier Martín, Gaspar Mayor y Jaume Suñer	309-314

Soft computing en visión artificial

<i>Caracterización difusa del desplazamiento de un vehículo mediante el análisis de la codificación del movimiento en H264/AVC</i> Juan Giralt, Juan Moreno-García, Ester del Castillo, Luis Jiménez y Luis Rodríguez-Benítez	315- 320
<i>Análisis de riesgos en carretera basado en técnicas de visión artificial y lógica difusa</i> Juan Giralt, Juan Moreno-García, Ester del Castillo, Luis Jiménez y Luis Rodríguez-Benítez	321-326
<i>Generalización de los operadores morfológicos en la detección de contornos</i> Manuel González-Hidalgo, Arnau Mir, Sebastià Massanet y Daniel Ruiz-Aguilera	327-332
<i>Fusión de gradientes multiespectral basada en operadores ponderados</i> Carlos López-Molina, Edurne Barrenechea, Humberto Bustince y Bernard De Baets	333-338

Aplicaciones industriales y empresariales del Soft Computing

<i>Modelado de un vehículo aéreo no tripulado mediante combinación de técnicas paramétricas y neurodifusas</i> Jesús Enrique Sierra y Matilde Santos	339-344
<i>Segmentación de defectos en piezas de fundido usando umbrales adaptativos y ensembles</i> José Francisco Díez-Pastor, Álgvar Arnaiz-González, César García-Osorio y Juan José Rodríguez	345-350
<i>Selección de instancias en regresión mediante discretización</i> Álgvar Arnaiz-González, José Francisco Díez-Pastor, Juan José Rodríguez y César García-Osorio	351-356
<i>Mantenimiento predictivo de máquinas de pasteurización hiperbárica con técnicas de minería de datos</i> Pedro Santos González, Jesús Maudes Raedo, Andrés Bustillo Iglesias, Julio Garrido Sánchez y Jaime Martínez García	357-362
<i>Effects of molecular representation in predicting the biological activity using SVM and PLS approachess</i> Gonzalo Cerruela-García, Irene Luque-Ruiz, Nicolás García-Pedrajas y Miguel Ángel Gómez-Nieto	363-368
<i>Equilibrio entre prioridades del cliente y reducción de costes</i> Joaquín Pacheco y Amaya Martínez-Puras	369-374
<i>Inteligencia Artificial para determinar la calidad en láminas metálicas texturizada por EDT</i> Maritza Correa-Valencia y Jorge Pamies-Teixeira	375-380

Descripciones lingüísticas de fenómenos complejos: modelos, técnicas y aplicaciones

<i>Finding suitable time partitions for the linguistic summarization of time series</i> Rita Castillo-Ortega, Nicolás Marín y Daniel Sánchez	381-386
<i>Extensión del concepto de percepción computacional utilizando Z-numbers</i> Patricia Conde-Clemente, José M. Alonso y Gracián Triviño	387-392
<i>Antecedentes, lagunas y nuevos resultados en conjuntos tipo 2</i> Pablo Hernández, Susana Cubillo y Carmen Torres-Blanc	393-398

<i>Descripción lingüística sobre evolución de la deforestación</i> Éldman O. Nunes, Ángel Sánchez y Gracián Triviño	399-404
<i>Generación automática de predicciones meteorológicas a corto plazo: metodología y validación</i> Alejandro Ramos-Soto, Alberto Bugarín y Senén Barro	405-410
<i>Variables lingüísticas y codificación dispersa</i> Adolfo R. de Soto	411-416
<i>Modelo lingüístico del aprendizaje para la evaluación automática basada en criterios</i> Gloria Sánchez-Torrubia, Carmen Torres-Blanc y Gracián Triviño	417-422

Lógicas fuzzy: aspectos formales y temas relacionados

<i>About standard completeness of Product logic</i> Amanda Vidal, Francesc Esteva y Lluís Godó	423-428
<i>Completeness of a PSPACE algorithm for concept satisfiability in finite-valued Fuzzy Description Logics</i> Marco Cerami, Francesc Esteva	429-434
<i>On conjectures in t-norm based fuzzy logics</i> Francesc Esteva, Itziar García-Honrado y Lluís Godó	435-440

III Seminario Alfredo Deaño sobre razonamiento ordinario

<i>Percepción y ¿justificación, legitimación o sustento?</i> José L. Falguera y Santiago Peleteiro	441-446
<i>Razonando con palabras: una primera aproximación</i> Clemente Rubio-Manzano y Pascual Julián-Iranzo	447-452
<i>Bivalent and trivalent logics in the analysis of borderline cases</i> Pablo Cobreros y Laura Bujalance	453-456
<i>Alfredo Deaño y el razonamiento ordinario</i> María G. Navarro	457- 462
<i>Recursos lingüístico-formales para el silogismo aproximado</i> Martín Pereira-Fariña y Alejandro Sobrino	463-468

Visiones externas del concepto de subconjunto fuzzy

<i>Fuzzy sets from the ethics of social preferences</i> José Carlos R. Alcantud	469-474
<i>Fuzzy automata as group representations</i> Inmaculada Lizasoain y Marisol Gómez	475-478
<i>Conjuntos fuzzy desde familias anidadas</i> Edurne Barrenechea, Humberto Bustince, María Jesús Campión, Esteban Induráin y Vicki Knoblauch	479-484
<i>Subconjuntos fuzzy y ecuaciones funcionales</i> María Jesús Campión, Raquel G. Catalán, Esteban Induráin y Gustavo Ochoa	485-488
<i>Subconjuntos fuzzy a través del espectro de Uryshon</i> Francisco Javier Abrísqueta, María Jesús Campión, Asier Estevan y Esteban Induráin	489-492

Soft Computing y recuperación de información en Internet

<i>Aplicación de un sistema de recomendaciones que combina relevancia y calidad en una biblioteca digital universitaria</i>	493-498
Álvaro Tejada-Lorente, Carlos Porcel, Juan Bernabé-Moreno, María Ángeles Martínez y Enrique Herrera-Viedma	
<i>Un modelo para evaluar la calidad de las bibliotecas 2.0 usando computación con palabras</i>	499-504
Francisco Javier Cabrerizo, Rubén Heradio, David Fernández-Amorós, Manuel Herrera, Raquel Ureña y Enrique Herrera-Viedma	
<i>Combinando variables lingüísticas y ontologías para la consulta flexible de base de datos</i>	505-510
Clemente Rubio-Manzano, Pascual Julián-Iranzo y Esteban Salazar-Santis	
<i>Un método de agrupamiento semisupervisado difuso: aplicación en el ámbito de la clasificación de publicaciones científicas</i>	511-516
Irene Díaz-Valenzuela, María José Martín-Bautista y Amparo Vila	
<i>Estudio comparativo sobre el empleo de diccionarios en el análisis de sentimientos en textos cortos</i>	517-522
Andrés Soto, Carlos Cabrero, Antonio Menta, David Corbatón, Pedro Martín y Asier Ruiz de Alegría	
<i>Aplicación de la lógica borrosa para la calificación de información clínica bajo criterios de calidad de datos</i>	523-528
Francisco P. Romero, José Ángel Olivas, Jesús Serrano-Guerrero, Ismael Caballero, Mauro J. Oruezábal, Israel Alonso y David Contreras	
<i>Identifying citation classics in fuzzy set field using the concept of h-classics</i>	529-534
Manuel Jesús Cobo, María Ángeles Martínez, Antonio Gabriel López-Herrera y Enrique Herrera-Viedma	
<i>Búsqueda conceptual en la Web basada en imágenes y su contexto</i>	535-540
Abril Ayala-Sánchez y José Ángel Olivas	

Fusión de información

<i>Modelos de representación de imprecisión e incertidumbre en fusión de alto nivel</i>	541-546
Juan Gómez-Romero, Jesús García y José M. Molina	
<i>In-vehicle sensor fusion methodology for pedestrian detection with danger estimation</i>	547-552
David Martín, Fernando García, Arturo de la Escalera y José María Armingol	
<i>Sistema de localización en interiores basado en la fusión de información</i>	553-558
Gabriel Villarrubia, Juan F. de Paz, Javier Bajo y Juan M. Corchado	
<i>Sentencias cuantificadas difusas: aplicaciones a la fusión de información</i>	559-564
María Dolores Ruiz, Juan Gómez-Romero, Daniel Sánchez y María José Martín-Bautista	

Lógica borrosa y didáctica

<i>Scientific progress and cognitive development and fuzzy concepts - Historical-philosophical remarks</i>	565-572
Rudolf Seising	
<i>Reflexiones sobre el tratamiento de lo incierto en Educación Primaria en España</i>	573-578
Ángela Blanco-Fernández, Itziar García-Honrado, Ana Belén Ramos-Guajardo y Luis J. Rodríguez	
<i>Ejemplificación del uso de conjuntos borrosos en la valoración de la calidad de la enseñanza</i>	579-584
Miquel Ferrer y Itziar García-Honrado	
<i>Una experiencia docente sobre el uso cotidiano de las diferentes lógicas</i>	585-590
J. Tinguaro Rodríguez, Carely Guada y Javier Montero	

Soft Computing en aprendizaje

<i>Diseño de métodos de combinación de clasificadores difusos para problemas de alta dimensionalidad mediante random oracles</i> Krzysztof Trawinski, Arnaud Quirin y Óscar Cordón	591- 596
<i>Analyzing fuzzy rule-based systems with fimgams in Knime</i> David P. Pancho, Jose M. Alonso, Tobias Kötter, Michael R. Berthold, Luis Magdalena	597-602
<i>Mejorando la clasificación multi-clase en FARC-HD mediante el uso de la estrategia uno-contra-uno: adaptando el sistema de inferencia</i> Mikel Elcano, Mikel Galar, José Antonio Sanz, Edurne Barrenechea, Francisco Herrera y Humberto Bustince	603-608
<i>Multilayer perceptron ensembles (MLP ensembles) in modelling microhabitat suitability for freshwater fish</i> Rafael Muñoz-Mas, Juan Diego Alcaraz-Hernández y Francisco Martínez-Capel	609-614
<i>Un estudio preliminar sobre clasificación de huellas dactilares con sistemas de clasificación basados en reglas difusas</i> Mikel Galar, José Antonio Sanz, Miguel Pagola, Humberto Bustince y Francisco Herrera	615-620
<i>Diseño de un sistema de clasificación basado en reglas difusas para one-class mediante el aprendizaje genético de la base de datos</i> Pedro Villar, Ana María Sánchez, Rosana Montes y Francisco Herrera	621-626

Minería de datos, texto y web

<i>Minería de datos y gestión energética: tendencias actuales</i> Miguel Molina-Solana, María Ros, María José Martín-Bautista y Amparo Vila	627-632
<i>Reglas de asociación difusas para la detección de anomalías</i> María Dolores Ruiz, Daniel Sánchez, María José Martín-Bautista, Amparo Vila y Miguel Delgado	633-638
<i>Complexity reduction in classification based on associations over datacubes</i> Carlos Molina, Belén Prados-Suárez, Daniel Sánchez y Amparo Vila	639-644
<i>Clustering with fuzzy coverings</i> Daniel Sánchez y José María Serrano	645-650

Sistema de localización en interiores basado en la fusión de información

Gabriel Villarrubia¹, Juan F. De Paz¹, Javier Bajo², Juan M. Corchado¹

¹ *Informática y Automática, Universidad de Salamanca (España), {gvg, fcofds, corchado}@usal.es*

² *Informática y Automática, Universidad Politécnica de Madrid (España), jbaajo@fi.upm.es*

Resumen

En la actualidad están tomando relevancia los sistemas de localización basados en Wi-Fi ya que es aplicable a los dispositivos móviles muy abundantes en la sociedad actual. La precisión de estos sistemas, en ocasiones, no es muy alta por lo que es de interés crear un sistema que permita fusionar la información procedente de diferentes sensores de los dispositivos móviles para realizar el proceso de localización. Además de la señal Wi-Fi, se puede hacer uso de otros elementos como el acelerómetro, brújula y cámara para realizar una localización más precisa en conjunción con la localización Wi-Fi. En este trabajo, se propone un sistema de localización que integran los elementos indicados para la realización de una localización más precisa.

Palabras Clave: localización en interiores, Wi-Fi, sensores.

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen diferentes tipos de sistemas de localización que varían sobre todo en función de si se tratan de sistemas de localización de interiores o de exteriores. Para los sistemas de localización en exteriores el uso de GPS (Global Positioning System) está ampliamente extendido proporcionando una precisión aceptable en la mayoría de los casos. Sin embargo para interiores es necesario crear sistemas que permitan realizar localizaciones precisas de los usuarios. En interiores es necesario crear redes de sensores que posibiliten la realización de la localización de forma precisa pero en ocasiones esta información se puede combinar con otros tipos de sensores para mejorar la precisión de los resultados. Los dispositivos móviles presentan muchas posibilidades ya que incorporan diferentes tipos de sensores, Wi-Fi y cámara por lo que sería interesante crear un sistema que permita realizar una localización que combine todos estos tipos de sensores como en el trabajo aquí propuesto. Los sistemas de localización en exteriores con GPS permiten alcanzar una precisión de unos 10 metros en fun-

ción del número de satélites disponibles. Esta precisión suele ser suficiente para estos entornos. En interiores, la señal de satélite no siempre está disponible por lo que se puede usar la señal GSM (Global System for Mobile) para localización, no obstante el error suele ser bastante alto y es complicado incluso detectar la planta en la que se encuentra un individuo [[4]]. En interiores la localización se suele realizar mediante la instalación de redes de sensores inalámbricas bajo diferentes tecnologías. Una de las posibilidades es usar ZigBee [[1]], no obstante esta tecnología no se incorpora en los dispositivos móviles por lo que su despliegue es caro ya que requiere de la instalación de las balizas y los dispositivos de usuario a localizar. También se puede hacer uso de otro tipo de tecnología como RFID (Radio Frequency IDentification) [[2]] pero esta presenta también deficiencias como la distancia de localización o y tampoco se encuentra integrada en los móviles. Como alternativa al ZigBee o RFID se puede usar Wi-Fi [[5]] o Bluetooth [[3]] para sistema de localización, los sistemas de localización por Wi-Fi suelen presentar una precisión inferior a los de localización por ZigBee pero el coste de despliegue es mucho inferior. Como alternativa a las redes de sensores y el escaneo de niveles de señal se pueden usar otros sistemas para la realización de la localización como es el uso de la cámara de los dispositivos o el acelerómetro y la brújula. Además de los tipos de señales y los sensores usados, existen diferentes tipos de algoritmos que se pueden emplear para la realización de la localización aplicados a los niveles de señal como pueden ser triangulación, multilateración o fingerprint [[6]][[13]][[14]], en lugar de usar estos algoritmos se pueden crear mapas de intensidades para la estimación de la localización de objetos.

En este trabajo se propone un sistema que permite localizar objetos en interiores mediante la fusión de la información. El sistema de localización se basa en el uso de los niveles de señal Wi-Fi, red GSM, acelerómetros, brújula y cámara para obtener la posición de un objeto. El sistema fusiona la información de los datos obtenidos anteriormente para la localización de objetos en entornos cerrados. El sistema incorpora mapas de intensidades y técnicas probabilísticas para la estimación de la posición por los diferentes métodos e incorpora una red neuronal para el cálculo de la posición final del objeto en el interior. La red neuronal permite fusionar la estimación de la posición de los objetos minimizando el error en función

de la precisión detectada durante el cálculo de las intensidades.

El artículo se estructura como sigue: en la sección 2 se realiza una revisión del estado del arte sobre sistemas de localización y posteriormente de algoritmos de localización. En la sección 3 se muestra la propuesta y en la sección 4 se indican los resultados y conclusiones.

2 ESTADO DEL ARTE

Los sistemas de localización permiten identificar y localizar diferentes elementos en un entorno. Los sistemas de localización se componen de dos elementos: sensores y dispositivos móviles a localizar, también denominados tags. Los tags se sitúan en los elementos a localizar mientras que los sensores se sitúan normalmente en puntos fijos generando así una red de sensores que permite localizar a los diferentes dispositivos.

En la actualidad, existen diferentes sistemas de localización en función de la tecnología usada, así se tienen las diferentes alternativas:

- GPS: El funcionamiento de un sistema de localización en tiempo real basado en GPS básicamente en un conjunto de satélites (transmisores fijos) que envían constantemente información, la cual es recogida por dispositivos móviles (receptores). Los receptores calculan su posición basándose en las coordenadas de los satélites, por lo que entre más referencias de satélites se tengan, la precisión es mayor. Es necesario tener al menos 3 referencias de satélites para poder calcular la posición.
- GSM/GPRS: Las operadoras de teléfonos móviles también ofrecen servicios de localización. Su funcionamiento se basa en utilizar la misma red de antenas que proveen el servicio de telefonía. En este caso, la localización puede ser realizada tanto en el dispositivo móvil como por el proveedor del servicio, debido a que tanto las antenas como los dispositivos son transmisores y receptores. Para calcular la localización se emplean parámetros como el tiempo de llegada de la señal, ángulos de incidencia, triangulación de señales o células de pertenencia.
- RFID: RFID [[7]] es otra de las alternativas utilizadas para desarrollar sistemas de localización en tiempo real. Su funcionamiento se basa en una red de lectores y etiquetas RFID. Los lectores transmiten una señal RF constante, la cual es recogida por las etiquetas, quienes a su vez responden a los lectores enviando un número de identificación. En este tipo de localización, cada lector cubre una determinada zona mediante su señal RF (campo de lectura). Cuando una

etiqueta pasa por el campo de lectura del lector, se dice que la etiqueta está en esa zona. Un sistema RFID se compone principalmente de cuatro elementos: 1) Etiquetas, 2) Lectores, 3) Antenas y Radios y 4) Hardware de Procesamiento [[8]][[9]]. Las etiquetas o chips RFID pueden ser pasivos (sin baterías), en cuyo caso reciben el nombre de transpondedores [[7]]. Los transpondedores son mucho más baratos y tienen un tamaño mucho menor que los chips activos (con baterías), pero tienen un rango de alcance mucho menor. Las principales aplicaciones de la tecnología RFID han tenido lugar en entornos industriales, de transporte, etc., pero su aplicación en otros sectores, incluyendo la medicina, es cada vez más importante [[7]][[8]][[9]].

- Wi-Fi: Los sistemas de localización basados en tecnologías Wi-Fi [[10]] emplean dispositivos de red inalámbricos para calcular la posición. Se emplea una malla de nodos (transmisores y receptores fijos) que funcionan como referencia para los nodos móviles. El sistema calcula la posición de los nodos móviles a partir de las señales recibidas por los nodos fijos. Existen gran cantidad de técnicas para procesar dichas señales y determinar su posición, entre ellas localización simbólica o signpost, triangulación, trilateración, etc. La localización basada en redes Wi-Fi tiene tres componentes principales: 1) Un tag RFID que emite y recibe señales bajo la norma 802.11[[11]], 2) una infraestructura WLAN, formada por puntos de acceso y controladores, y 3) un motor de localización, consistente en un software capaz de interpretar la información proporcionada por la infraestructura Wi-Fi y los tags para proporcionar datos relativos a la ubicación de los usuarios [[10]].
- UWB: Estos sistemas utilizan la banda de frecuencia UWB (Ultra Wide Band) [[12]] como protocolo de comunicación. El funcionamiento es similar a los sistemas de localización por Wi-Fi pero mejoran considerablemente la precisión, logrando rangos de error optimistas de hasta 10cm. Un ejemplo práctico es el desarrollado por la compañía Ubisense [[16]] para el seguimiento y localización de pacientes

Las tecnologías más adecuadas para la localización en interiores son las basadas en UBW, ya que otras como GPS sólo se pueden usar en exteriores ya que es necesario recibir señales de satélites. Otras redes como la GSM permite realizar la localización pero el margen de error es demasiado alto por lo que no se considera adecuado su uso.

Existen tres algoritmos principales empleados por los sistemas de localización en tiempo real para determinar la ubicación de los nodos móviles (tags): Triangulación,

Fingerprinting y Multilateración [[13]]. La triangulación permite obtener coordenadas de localización mediante el cálculo de la longitud de los lados de un triángulo a partir de los ángulos de entrada de la señal recibida en cada antena, para lo cual es necesario disponer de al menos 3 puntos de referencia. El Fingerprinting, también conocido como signpost o localización simbólica, se basa en el estudio de las características de cada zona de localización, realizando mediciones de las características de radiofrecuencia y estimando en qué área de influencia se encuentra cada tag [[14]]. Por último, la Multilateración se basa en la estimación de distancias desde los lectores a los tags midiendo parámetros como el RSSI (ReceivedSignalStrengthIndication) o el TDOA (Time Difference Of Arrival) [[15]], de modo que intersectando las distancias estimadas desde cada tag a tres o más nodos fijos se pueden determinar los puntos en los que se encuentran dichos tags. La multilateración permite obtener mejores resultados en exteriores que con triangulación, pero su rendimiento baja notablemente en interiores. Esto es porque en interiores los niveles de RSSI varían en función de la presencia de elementos (personas, objetos o animales) y además se basa en el cálculo de distancias, por lo que es necesario realizar una estimación previa de dichas distancias a partir de valores RSSI que cambian constantemente.

Las técnicas de localización basados en Triangulación y Multilateración no son eficientes puesto que las señales se ven muy atenuadas por los diferentes elementos de las habitaciones. Para estos casos es más recomendable aplicar heurísticas aplicadas a procesos de clasificación y realizar entrenamientos para crear algoritmos de localización ya que de esta forma se consigue mejorar la precisión final de los algoritmos. Las heurísticas permitirán recoger diferentes medidas en posiciones concretas y a partir de dichas medidas se puede calcular la posición más probable.

3 SISTEMA PROPUESTO

El sistema propuesto en este trabajo se compone de un sistema de localización basado en tres procedimientos diferentes. El primero se basa en la obtención de datos procedente de niveles de señales RSSI de redes Wi-Fi y sistema GSM. El segundo de ellos se basa en el uso de acelerómetro y la brújula de móvil y el último de ellos en el manejo de la cámara. Los tres procedimientos capturan la información y la mandan a un servidor que es el encargado de procesarla y devolver la ubicación mediante la fusión de las predicciones de cada uno de los sistemas.

3.1 Posicionamiento basado en RSSI

El sistema de posicionamiento basado en redes de sensores inalámbricas se basa en el uso de los niveles de señales de RSSI procedente de las Wi-Fi y la señal GSM. El algoritmo usado para la localización es el mismo con independencia del tipo de señal con la que se esté trabajando. En ambos casos se realiza un mapa de intensidades en los diferentes puntos del entorno. La recolección de los datos se realiza siguiendo las posibles rutas y tomando mediciones de los routers Wi-Fi detectados y las señales GSM. En la figura 1 se toma la medida para el punto rojo en el que se captura los niveles de señal Wi-Fis y GSM procedente de las diferentes antenas. Durante la fase de escaneo se realiza este procedimiento en diferentes puntos del plano que se quieren estimar. Según se puede ver en la figura, se han obtenido medidas de 4 puntos de acceso Wi-Fi y 3 redes GSM. A partir de los datos de RSSI, los BSSID y los identificadores de las celdas GSM se realiza una predicción de la probabilidad de pertenencia a cada uno de los puntos. La probabilidad de pertenencia se realiza mediante una el algoritmo KStar, la posición final dada viene dada por un clasificador que incorpora la información de las redes GSM y las redes Wi-Fi de modo simultáneo obteniendo así una estimación del punto más probable del recorrido.



Figura 1. Escaneo de intensidad para un punto correspondiente a la fase de calibrado o estimación.

Una vez obtenidos los valores de la tabla mostrados en la figura 1, se procede a entrenar un clasificador. El clasificador seleccionado se corresponde con KStar. Los datos de entrada durante el entrenamiento se muestran en la figura 2. El último de los valores contiene la información del identificar del punto escaneado, el punto escaneado.

BSSID	RSSI	BSSID	RSSI	...	CELID	RSSI	CELID	RSSI	Id

Figura 2. Escaneo de intensidad para un punto correspondiente a la fase de calibrado o estimación.

Posteriormente a la realización del calibrado, se repite el recorrido y se realiza un cálculo del error del sistema y comprobar el correcto funcionamiento del sistema de clasificación. Los datos de la figura 2 son los enviados periódicamente al servidor para que realice el cálculo de la posición de los usuarios.

3.2 Posicionamiento basado en la brújula y el acelerómetro

Los acelerómetros sirven para la detección de pasos que realiza el usuario. La detección de los pasos se realiza de modo sencillo mediante la fijación de umbrales superiores e inferiores. Los umbrales se fijan por configuración según la sensibilidad de los diferentes dispositivos. En la figura 3 se pueden ver las variaciones de los acelerómetros del eje x, y, z y los pasos detectados. Como es evidente el valor de los acelerómetros cambia en función de la orientación del móvil. En lugar de tener en cuenta el giroscopio para determinar la orientación del móvil, lo que se hace es calcular el vector de fuerza general representado por la fuerza en la figura 2. Observando la figura se pueden definir umbrales para el vector de fuerza de modo que cuando su módulo oscile entre dos valores se considere que se ha realizado un paso. En rojo se representa la detección de pasos.

El vector de fuerza (1) se calcula sumando los vectores de cada una de las coordenadas y calculando su módulo tal y como se indica en la ecuación (2). Las fuerzas en los terminales móviles vienen dadas por la fuerza en el eje x, y, z.

$$\vec{f}(x, y, z) = (x, y, z) \tag{1}$$

$$|\vec{f}(x, y, z)| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \tag{2}$$

Finalmente se tiene en cuenta la brújula para determinar los cambios de dirección y la detección de pasos. Cuando se detecta un cambio de dirección y se detectan pasos se ajusta la posición del usuario a la posición de un grafo a modo de sincronización con este algoritmo. La localización estimada a partir de la brújula. Los posibles caminos a realizar en el entorno se representan a modo de un grafo dirigido.

Al servidor se envían los datos cada vez que se detecta un paso o un conjunto de pasos junto con la información de la brújula cada vez que se captó un paso.

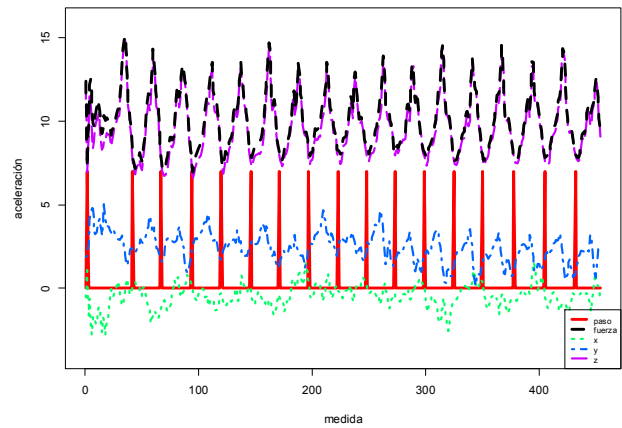


Figura 3. Medidas obtenidas con el acelerómetro

3.3 Posicionamiento basado en la cámara

Para mejorar la precisión de la localización, se capturan fotos a objetos situados a menos de un metro en los diferentes recorridos realizados. Las fotos se realizan con los terminales móviles y se crea una base de datos de imágenes que se asocian con posiciones en el plano. Para cada una de las imágenes se realiza una extracción de características y descriptores aplicando el algoritmo FAST [[17]] y posteriormente se aplica un kd-tree [[18]] para facilitar la búsqueda de imágenes. En los terminales móviles se aplica el algoritmo FAST y se envían los datos a un servidor que realiza la búsqueda de los patrones..

3.4 Algoritmo final del cálculo de posición

La posición final de los dispositivos móviles se realiza mediante una red neuronal, concretamente se ha aplicado un perceptrón multicapa. A la red se le pasan las estimaciones del posicionamiento calculado mediante RSSI, sensores y cámara y el sistema calcula la posición final en la que se encuentra en el usuario. Las entradas por tanto vienen definidas por los datos de la tabla 1.

El número de las neuronas de la capa intermedia se fijó a 31 ya que dio buenos resultados. La función de activación de las neuronas de la capa de intermedia y de salida es la sigmoideal. Los valores de entrada y salida se redimensionaron para que variaran en el intervalo [0.2, 0.8], esto se realiza debido a la función de activación seleccionada para las neuronas.

variables	E/S	Descripción
PosiciónRSSI	E	(x,y) con la posición x,y estimada. Se corresponde con dos entradas en la red neuronal.
PosiciónSesores	E	(x,y) con la posición x,y estimada. Se corresponde con dos entradas en la red neuronal.
PosiciónCámara	E	(x,y) con la posición x,y estimada. Se corresponde con dos entradas en la red neuronal.
PosiciónReal	S	(x,y) con la posición x,y estimada. Se corresponde con dos entradas en la red neuronal.

Tabla 1. Variables de entrada y salida a la red neuronal.

4 RESULTADO Y CONCLUSIONES

Para validar el funcionamiento del sistema se procedió a calibrar la planta baja del edificio mostrado en la figura 4. La planta baja tiene una extensión de 1700m². Se realizó un calibrado de los pasillos del edificio y de las salas de libre acceso. En total se tomaron 165 mediciones en los niveles de RSSI que se corresponden de igual modo con 165 pasos a lo largo del edificio. De igual modo se tomaron un total de 20 imágenes correspondientes a extintores, puertas, carteles y otros objetos fácilmente diferenciables del resto. Las zonas escaneadas en el recorrido se corresponden con líneas pintadas sobre la figura 4

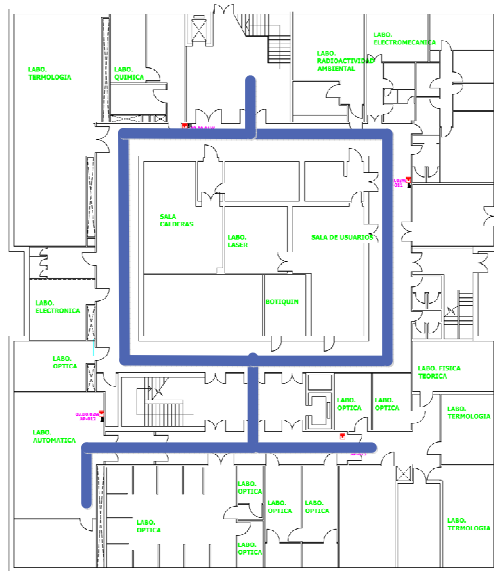


Figura 4. Zonas de calibrado representadas con líneas.

Como primer paso se procedió a realizar un pequeño análisis del funcionamiento de cada uno de los sistemas de posicionamiento obteniendo resultados variantes en

función del comportamiento de los usuarios. El error medio obtenido por cada uno de estos procedimientos se puede ver en la tabla 2.

Clasificador	Error medio
RSSI	2,53 metros
Sensores	2,31 metros
Cámara	3,73 metros

Tabla 2. Error medio obtenido por cada uno de los clasificadores

Aunque el error dado por los sensores es bajo, este error varía mucho en función del comportamiento del usuario ya que si el usuario varía la longitud de los pasos o se gira, anda hacia atrás el error se incrementa de modo considerable. El error también dependerá de la longitud de los pasillos y el algoritmo siempre está supeditado a conocer la ubicación inicial de partida.

El error en el caso de la cámara no es muy significativo puesto que el número de imágenes medidas es bajo considerando el número de mediciones tomadas para las Wi-Fi y sensores y en caso de no detectar una nueva imagen la posición actual es la última detectada. No obstante, tiene como característica que cuando detecta la imagen se tiene un error bastante bajo.

Para realizar una estimación del sistema global se procedió a analizar el funcionamiento del sistema completo. El entrenamiento de la red neuronal encargada de fusionar los datos se entrena de tal modo que para cada patrón que disponga de datos de señales RSSI, sensores y cámara se introducen los siguientes patrones: uno que contiene las tres medidas, todos los que contienen pares de dos dejando el otro con valores a -1,-1. En caso de haber datos de un solo procedimiento de medida la posición es la dada por este procedimiento y no se llega a usar la red neuronal. El error medio obtenido aplicando el sistema es de 1.67 metros lo cual reduce considerablemente el error obtenido por lo algoritmos anteriores.

El sistema permite fusionar la información procedente de diferentes sistemas para obtener una localización más precisa. La red neuronal permite realizar esta tarea de modo eficiente mejorando la precisión dada por otros sistemas como los niveles de señal RSSI. Sistemas como la localización mediante los sensores pueden dar buena precisión siempre y cuando el usuario no tenga un comportamiento errático, en cuanto presente este tipo de comportamiento el error sería muy alto, por ejemplo, sería complicado de usar en museos o exposiciones. Como trabajo futuro se está mejorando el posicionamiento por cámara para poder determinar de manera precisa la distancia a un objeto reconocido, por ahora cuando se reconoce un objeto se sitúa en la posición en la que se capturó la imagen inicialmente.

Agradecimientos. Este trabajo ha sido soportado por el ministerio de economía y competitividad (INNPACTO) IPT-2011-0726-430000.

REFERENCIAS

- [1] Huang, C.N., Chan, C.T.: ZigBee-based indoor location system by k-nearest neighbor algorithm with weighted RSSI, *Procedia Computer Science* 5, pp. 58–65, 2011.
- [2] Kuo, R.J., Tseng, W.L., Tien, F.C., Warren T.: Application of an artificial immune system-based fuzzy neural network to a RFID-based positioning system, *Computers & Industrial Engineering* 63(4), pp. 943–956, 2012.
- [3] Aalto, L., Gothlin, N., Korhonen, J., Ojala T.: Bluetooth and WAP push based location-aware mobile advertising system *Proceedings of the 2nd International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*, ACM Press, 2004.
- [4] Varshavsky, A., de Lara, E., Hightower, J., LaMarca, A., Otsason, V.: GSM indoor localization, *Pervasive and Mobile Computing* 3(6), pp. 698–720, 2007.
- [5] Gallagher, T., Li, B., Dempster, A., Rizos, C.: A sector-based campus-wide indoor positioning system, in: *IEEE International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN10)*, pp. 1–8, 2010.
- [6] Ducatel, K., Dogdanowicz, M., Scapolo, F., Leijten, J., Burgelman, J.C.: That's what friends are for. ambient intelligence (ami) and the IS in 2010. *Congress pre-prints, "Innovations for an e-society. Challenges for technology assessment"*, 2001.
- [7] Razavi, R., Perrot, J., Guelfi, N.: Adaptive modeling: an approach and a method for implementing adaptive agents. *Lecture Notes in Artificial Intelligence* 3446 pp. 136-1408, 2005.
- [8] Giunchiglia, F., Mylopoulos, J., Perini, A.: The tropos software development methodology: Processes, models and diagrams. In: *AAMAS'02 Workshop on Agent Oriented Software Engineering (AOSE-2002)*, pp. 63–74, 2002.
- [9] Erickson, P., Wilson, R., & Shannon, I. *Years of Healthy Life*. *Statistical Notes* 7, 1995.
- [10] Martin, D., Burstein, M., Hobbs, J., Lassila, O., McDermott, D., McIlraith, S., Narayanan, S., Paolucci, M., Parsia, B., Payne, T., Sirin, E., Srinivasan, N., Sycara, K.: OWL-S: Semantic Markup for Web Services, W3C Member Submission, <http://www.w3.org/Submission/OWL-S>, 2004.
- [11] Emiliani, P.L., Stephanidis, C.: Universal access to ambient intelligence environments: opportunities and challenges for people with disabilities. *IBM Systems Journal*, 2005.
- [12] Fernández, A., Ossowski, S.: Exploiting Organisational Information for Service Coordination in Multiagent Systems. *Int. Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, ACM-IFAAMAS*, pp. 257-264, 2008.
- [13] Glassner, A.: *Principles of digital image synthesis*. Morgan Kaufmann, 1995.
- [14] Georgé, J.P., Gleizes, M.P., Glize, P.: Emergence of organisations, emergence of functions. *Symposium on adaptive agents and multi-agent systems*, pp. 103-108, 2003.
- [15] De Paz, J.F., Rodríguez, S., Bajo J. and Corchado J.M. Multi-agent system for security control on industrial environments. *International transactions on system science and applications journal* 4(3), pp. 222-226, 2008.
- [16] Kaemarungsi, K., Krishnamurthy, P.: Modeling of indoor positioning systems based on location fingerprinting. *23rd Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (INFOCOM 2004)* 2, pp. 1012-1022, 2004.
- [17] Rosten, E.: *Machine Learning for High-speed Corner Detection*, 2006.
- [18] Kang, Y.S., Naha, J.H., Park, W.C., Yang, S.B.: gkDtree: A group-based parallel update kd-tree for interactive ray tracing, *Journal of Systems Architecture*, 59(3), pp. 166–175, 2013.