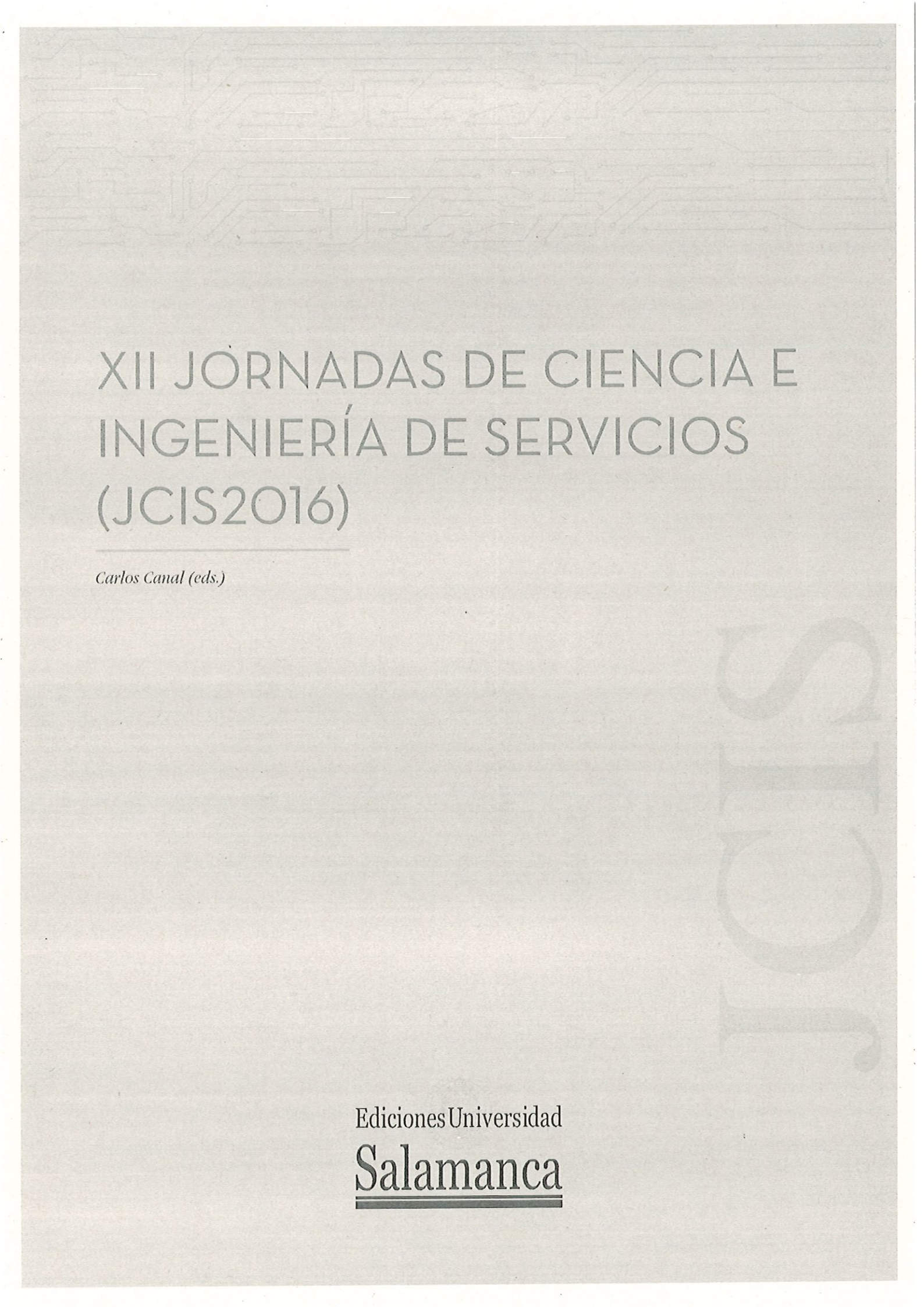




XII JORNADAS DE CIENCIA E INGENIERÍA DE SERVICIOS (JCIS2016)

Carlos Canal (eds.)

Ediciones Universidad
Salamanca

AQUILAFUENTE

220

©

Ediciones Universidad de Salamanca y
de cada autor

Motivo de cubierta:

Diseñadora María Alonso Miguel

1.º edición: septiembre, 2016

ISBN: 978-84-9012-628-8 (PDF)

Ediciones Universidad de Salamanca

www.eusal.es

eusal@usal.es

Realizado en España – Made in Spain

Todos los derechos reservados.

Ni la totalidad ni parte de este libro

pueden reproducirse ni transmitirse sin permiso escrito de

Ediciones Universidad de Salamanca

Obra sometida a proceso de
evaluación mediante sistema de doble ciego
a tenor las normas del congreso

Ediciones Universidad de Salamanca es miembro de la UNE

Unión de Editoriales Universitarias Españolas

www.une.es

CEP

ÍNDICE

Descubrimiento, predicción y verificación de procesos de negocio

A Recommender System for Process Discovery	
JOEL RIBEIRO, JOSEP CARMONA, MUSTAFA MISIR, MICHELE SEBAG.....	17
Servitización: Un estudio de Técnicas de Modelado de Negocio	
VALERIA DE CASTRO, ESPERANZA MARCOS, JUAN M. VARA, ELOÍSA DÍAZ, MARÍA LUZ MARTÍN.....	19
Towards a general architecture for predictive monitoring of business processes	
ALFONSO E. MÁRQUEZ-CHAMORRO, MANUEL RESINAS, ANTONIO RUIZ-CORTÉS.....	29
Verification, Validation of UML Artifact-centric Business Process Models	
MONTSERRAT ESTAÑOL, MARIA-RIBERA SANCHE, ERNEST TENIENTE.....	33
Automating Correctness Verification of Artifact-Centric Business Process Models	
DIANA BORREGO, RAFAEL M. GASCA, MARÍA TERESA GÓMEZ-LÓPEZ.....	35
Process Mining: Past, Present, (Likely) Future	
JOSEP CARMONA.....	37

Ecosistemas de servicios, personas y cosas

Reconfiguration of Service Failures in DAMASCo using Dynamic Software Product Lines	
JAVIER CUBO, NADIA GÁMEZ, ERNESTO PIMENTEL, LIDIA FUENTES.....	45
Automatización de la etapa de análisis para la aplicación de la técnica de prueba metamórfica a composiciones de servicios WS-BPEL	
M. CARMEN DE CASTRO-CABRERA, KEVIN J. VALLE-GÓMEZ, INMACULADA MEDINA-BULO.....	49
Opening up Context-Aware Service Compositions to End-Users	
IGNACIO MANSANET, VICTORIA TORRES, PEDRO VALDERAS, JAVIER BERROCAL, JOSÉ GARCÍA-ALONSO, JUAN M. MURILLO, CARLOS CANAL.....	55
Construyendo Perfiles Virtuales Mediante el Procesamiento de Eventos Complejos	
JAVIER BERROCAL, JUAN BOUBETA-PUIG, CARLOS CANAL, JOSÉ GARCÍA-ALONSO, JUAN M. MURILLO, GUADALUPE ORTIZ.....	59
La Web de las Cosas se nos viene encima	
CARLOS CANAL, JUAN M. MURILLO.....	69

Los servicios y la Nube

Bidimensional Cross-Cloud Management with Brooklyn, TOSCA	
JOSÉ CARRASCO, JAVIER CUBO, FRANCISCO DURÁN, ERNESTO PIMENTEL.....	75
Reconfigurando Aplicaciones Multi-Cloud con Líneas de Producto	
Software Dinámicas	
JAVIER CUBO, NADIA GÁMEZ, ERNESTO PIMENTEL, LIDIA FUENTES.....	79
Una aproximación DevOps para el Desarrollo Dirigido por Modelos de	
Servicios Cloud	
JULIO SANDBALÍN-GUZMÁN, MIGUEL ZÚÑIGA PRIETO, EMILIO INSFRAN,	
SILVIA ABRAHÃO, CARLOS CANO.....	83
Automatic Generation of Purchasing Plans for Cloud Services	
OCTAVIO MARTÍN-DÍAZ, JOSÉ MARÍA GARCÍA, PABLO FERNÁNDEZ, ANTONIO RUIZ-CORTÉS.....	93
Governing the service-chain: Challenges ahead	
PABLO FERNÁNDEZ.....	103

Elasticidad y variabilidad en procesos de negocio

VIVACE: A framework for the systematic evaluation of variability support in	
process-aware information systems	
CLARA AYORA, VICTORIA TORRES, BARBARA WEBER, MANFRED REICHERT,	
VICENTE PELECHANO.....	109
Reparación de alignments en modelos de proceso similares	
BORJA VÁZQUEZ-BARREIROS, SEBASTIAAN VAN ZELST, JOOS BUIJS,	
MANUEL LAMA, MANUEL MUCIENTES.....	111
Defining PPIs for Process Variants based on Change Patterns	
BEDILA ESTRADA-TORRES, VICTORIA TORRES, ADELA DEL RÍO-ORTEGA,	
MANUEL RESINAS, VICENTE PELECHANO, ANTONIO RUIZ-CORTÉS.....	121
Incertidumbre de Datos en el Modelado de Procesos de Negocio	
PRISCILL ORUE, CARMEN MORCILLO, ANTONIO VALLECILLO.....	125
Programming Elasticity, Commitment in Dynamic Processes	
PABLO FERNÁNDEZ, HONG-LINH TRUONG, SCHAHRAM DUSTDAR, ANTONIO RUIZ CORTÉS.....	129

Servicios Web

Monitoring the service-based system lifecycle with SALMon	
MARC ORIOL, XAVIER FRANCH, JORDI MARCO.....	133
Modelling Service Level Agreements for Business Process	
Outsourcing Services	
ADELA DEL RÍO-ORTEGA, ANTONIO MANUEL GUTIÉRREZ, AMADOR DURÁN, MANUEL RESINAS,	
ANTONIO RUIZ-CORTÉS.....	135
Supporting Compensations with WS-Agreement	
CARLOS MÜLLER, PABLO FERNÁNDEZ, OCTAVIO MARTÍN-DÍAZ, ANTONIO	
MANUEL GUTIÉRREZ, MANUEL RESINAS, ANTONIO RUIZ-CORTÉS.....	137
MigraSOA: Migrando aplicaciones web legadas hacia arquitecturas orientadas a	
servicios (SOA) Largo	
ENCARNA SOSA-SÁNCHEZ, PEDRO J. CLEMENTE, ÁLVARO PRIETO, JOSÉ M. CONEJERO,	
ROBERTO RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA.....	147

**SOA 2.0 para el Control y Alerta de Riesgos para la Salud Derivados
de la Calidad del Aire**

ALFONSO GARCÍA DE PRADO, GUADALUPE ORTIZ, JUAN BOUBETA-PUIG, ADOLFOR. DE SOTO.... 157

El factor humano en los procesos de negocio

Recompilación de procesos de educación a partir de registros de eventos

JUAN C. VIDAL, BORJA VÁZQUEZ-BARREIROS, MANUEL LAMA, MANUEL MUCIENTES..... 169

BPMS-Game: Herramienta para la Gamificación de Procesos de Negocio *

JAVIER MANCEBO, FÉLIX GARCÍA..... 171

Análisis inteligente de flujos de trabajo sociales

MANUEL LAMA, PEDRO ÁLVAREZ, MANUEL OCAÑA, MANUEL MUCIENTES, JOAQUÍN EZPELETA,
MIGUEL ÁNGEL GARRIDO, ALBERTO BUGARÍN..... 181

RALph: A Graphical Notation for Resource Assignments in Business Processes

CRISTINA CABANILLAS, DAVID KNUPLESCH, MANUEL RESINAS, MANFRED REICHERT,
JAN MENDLING, ANTONIO RUIZ-CORTÉS..... 191

Análisis inteligente de flujos de trabajo sociales *

Manuel Lama¹, Pedro Álvarez², Manuel Ocaña³, Manuel Mucientes¹, Joaquín Ezpeleta², Miguel Ángel Garrido³, Alberto Bugarín¹

¹ Centro Singular de Investigación en Tecnoloxías da Información (CiTIUS)
Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España
{manuel.lama, manuel.mucientes, alberto.bugarin.diz}@usc.es

² Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
Depto. de Informática e Ingeniería de Sistemas, Universidad de Zaragoza, España
{alvaper, ezpeleta}@unizar.es

³ Depto. de Electrónica, Escuela Politécnica Superior.
Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, España.
{mocana, garrido}@depeca.uah.es

Abstract. Los flujos de trabajo sociales (SOW) coordinan las actividades realizadas por un conjunto de usuarios que bien de forma individual o en cooperación tratan de alcanzar un determinado objetivo. Los SOW son flujos no estructurados en los que participan un gran número de usuarios que llevan a cabo actividades de muy diversa naturaleza que se extienden a lo largo del tiempo y que típicamente consumen pocos recursos de computación. Un ejemplo de procesos que se modelan a través de este tipo de flujos de trabajo son las campañas de marketing que tienen como objetivo motivar a los potenciales clientes en el consumo de un determinado producto o servicio. En este trabajo, se presenta el proyecto *Inteligencia (Artificial) de Negocio para Flujos de Trabajo Sociales*, en el que se combinan técnicas de minería de procesos, estrategias de paralelización de algoritmos, y técnicas de localización y seguimiento de usuarios, con el fin de extraer información relevante sobre SOW, como los que modelan, entre otros, el comportamiento de los usuarios en campañas de marketing desarrolladas en escenarios abiertos.

1 Introducción

Los *flujos de trabajo sociales* (SOW) modelan la coordinación de la ejecución de una serie de actividades que deben ser realizadas por un conjunto de usuarios [7]. Estos usuarios pueden actuar de forma individual o colaborativa para alcanzar un determinado objetivo, potenciando así el carácter social del flujo de trabajo. Ejemplos de este tipo de flujos de trabajo (WF) son las campañas de marketing que se realizan en espacios abiertos o la formación de empleados a través de estrategias de *gamificación*. No obstante, desde un punto de vista tecnológico las

* Los autores desean agradecer al Ministerio de Economía y Competitividad el soporte financiero a través de los proyectos TIN2014-56633-C3-1-R, TIN2014-56633-C3-2-R, TIN2014-56633-C3-3-R y TIN2014-53986-REDT.

principales características de los SOW son: (i) modelan *procesos no estructurados* en los que los usuarios disponen de múltiples opciones y/o caminos y donde incluso pueden realizar actividades adicionales a las inicialmente previstas en el flujo de trabajo; (ii) pueden participar simultáneamente un elevado número de usuarios; y (iii) en función de la habilidad o motivación de cada usuario, una misma actividad puede ser realizada de inmediato o tener una duración temporal mucho mayor (del orden de horas o incluso días).

Estas características añaden una serie de retos a la hora de gestionar y monitorizar la ejecución de los SOW. Por una parte, la gestión de este tipo de WF requiere el manejo de un gran número de ejecuciones simultáneas cuya duración se extiende a lo largo del tiempo. Por otra parte, el análisis de la ejecución de los WF requiere del uso de técnicas de minería de procesos [1] para obtener el WF *real* seguido por los usuarios y, de este modo, *entender* qué es lo que realmente ha pasado en la ejecución del proceso, permitiendo con ello la mejora del proceso y su adaptación (dinámica) a las necesidades de los usuarios. Sin embargo, para procesos no estructurados con un número enorme de ejecuciones, los resultados de los algoritmos actuales de descubrimiento de procesos son WF que tienen una estructura en *espaguetti* y que, por tanto, son muy difíciles, cuando no imposibles, de interpretar. Por ello, es necesario desarrollar técnicas que permitan extraer información valiosa sobre el flujo de trabajo descubierto. Este es el primer eje alrededor del cual pivota el proyecto *Inteligencia (Artificial) de Negocio para Flujos de Trabajo Sociales* (BAI4SOW).

Por otra parte, el proyecto BAI4SOW añade otra dimensión a los SOW: las actividades a realizar por parte de los usuarios tienen lugar en escenarios o áreas geográficas de exteriores (como puede ser un centro comercial abierto, una zona de interés turístico, un área donde se desarrolle alguna actividad o, en general, cualquier zona de una ciudad) y además son actividades geoposicionadas que los usuarios llevan a cabo a través de dispositivos móviles (como las actividades de una campaña de marketing). Por tanto, es necesario capturar los eventos relacionados con la ejecución de este tipo de actividades y, para ello, se requiere el desarrollo de técnicas de localización y de detección del comportamiento de los usuarios en un área geográfica dada. Este es el segundo eje del proyecto BAI4SOW.

En este artículo, se presenta el proyecto BAI4SOW cuyo objetivo consiste en el desarrollo de algoritmos de minería de procesos para el análisis de SOW que contienen actividades geoposicionadas. Además, dado el elevado número de usuarios que potencialmente pueden participar en este tipo de flujos es necesario ejecutar los algoritmos en infraestructuras de cómputo *grid*, *clúster* y *cloud*, minimizando el coste que podría tener dicho cómputo en *clouds* empresariales como Amazon y Google. Este es el tercer eje del proyecto BAI4SOW.

El artículo se estructura de la siguiente manera: en la Sección 2 se presenta el marco conceptual del proyecto; en las Secciones 3, 4 y 5 se describe cómo se localiza a los usuarios, los algoritmos de minería de procesos y la capa *middleware* que gestiona las infraestructuras de cómputo, respectivamente. Finalmente, la Sección 6 presenta las conclusiones del trabajo y el trabajo futuro.

2 Marco conceptual

BAI4SOW tiene como objetivo general el desarrollo de técnicas inteligentes para la extracción automática y el análisis del comportamiento de los usuarios en procesos modelados a través de flujos de trabajo sociales, en general, y en particular, en aquellos procesos que involucren a usuarios que se mueven en un área geográfica exterior y que ejecutan las actividades del flujo social a través de sus dispositivos móviles. Para alcanzar este objetivo se ha propuesto un marco conceptual que consta de los siguientes componentes (Figura 1):

- *Algoritmos de localización y detección de comportamientos.* Para analizar los SOW es necesario registrar el conjunto de eventos generados por las actividades que realiza cada usuario en una ejecución de dichos flujos, de modo que para cada ejecución se registra una traza de estos eventos. En procesos que involucren el desplazamiento de los usuarios en un área geográfica, estas actividades consisten en llegar a un punto determinado (para, por ejemplo, realizar una compra o tomar una foto), sentarse o moverse dentro de un local, etc. Por tanto, es necesario *localizar* a los usuarios en el área geográfica sobre la que se mueven, así como detectar sus comportamientos de interés una vez se encuentran en una localización dada. Para registrar la realización de estas actividades se desarrollan una serie de algoritmos que hacen uso del GPS, de la señal WiFi y de los sensores inerciales de los dispositivos móviles de los usuarios.
- *Algoritmos de minería de procesos.* Este conjunto de algoritmos permiten, por una parte, *descubrir automáticamente* el WF *real* que ha sido ejecutado por los usuarios y, por otra parte, extraer información relevante sobre dicho WF, como los *patrones frecuentes* de actividades, que indican modelos

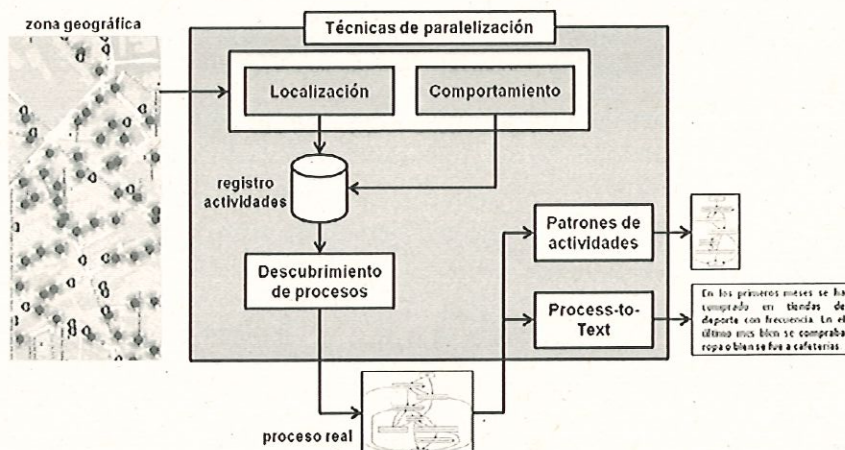


Fig. 1. Marco conceptual del proyecto.

de comportamiento frecuente por parte de los usuarios; la *jerarquización* de WF no estructurados y en *espaguetti*, que ayuda a visualizar el proceso al reducir su complejidad en diferentes niveles de abstracción; y la *descripción lingüística* de dichos WF, con la que se relatan de forma automática y en lenguaje natural sus características más relevantes, proporcionando una información complementaria a la que obtienen los usuarios mediante la visualización a través de grafos.

- *Técnicas de paralelización de algoritmos*. Se hará uso de este tipo de técnicas para diseñar una infraestructura tecnológica basada en la integración de recursos *grid* y *cloud* que ofrezca soporte para el procesamiento eficiente y a gran escala de los algoritmos desarrollados en el marco del proyecto. Esta infraestructura integrará modelos de coste que faciliten la decisión de qué recursos computacionales y de almacenamiento son más apropiados en cada instante para la ejecución de los algoritmos, contemplando la posibilidad de utilizar recursos de diferentes infraestructuras o proveedores.

Es importante resaltar que este marco conceptual es aplicable a SOW que contienen actividades relacionadas con la localización y el comportamiento de los usuarios que participan en ellos. No obstante, las técnicas de minería de procesos y de paralelización de algoritmos son directamente aplicables a cualquier WF, en general, y en particular a flujos no estructurados y en los que participan un enorme número de usuarios. En las siguientes secciones se detallan cada uno de los componentes del marco conceptual.

3 Localización y detección de comportamientos

El objetivo de este componente del marco conceptual es doble: por una parte, desarrollar un *sistema de localización* de usuarios en zonas de interés tanto para interiores como exteriores, y por otra parte, identificar y reconocer de forma automática el conjunto de actividades que definen el comportamiento de un usuario cuando se encuentra en un punto geográfico dado (por ejemplo, un local comercial). Así:

- El proceso de localización está basado en un sistema jerárquico que proporciona la estimación de la posición del usuario en una zona geográfica dada (como un centro comercial), empleando para ello: (i) un sistema de localización de alto nivel que identifica las zonas o puntos de interés por medio del empleo del GPS en exteriores y el sistema de localización con *fingerprints* propuesto por los autores en [9] enriquecido con (ii) un sistema de localización de bajo nivel que realiza el seguimiento entre posiciones o zonas de interés, haciendo una fusión multisensorial basada en Filtro Extendido de Kalman (EKF) con los sensores inerciales del dispositivo móvil (giróscopos, acelerómetros y podómetros), como se muestra en la Figura 2.
Para mejorar el cálculo de la orientación se suele recurrir al uso de filtros, como el filtro de Mahony [11], que es un filtro complementario eficiente para sensores inerciales, aunque tiene un error constante en la orientación, al no

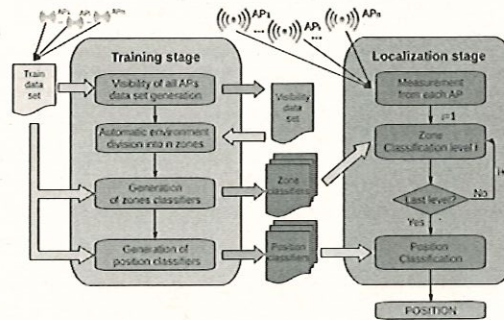


Fig. 2. Localizador de alto nivel.

disponer de un observador absoluto ortogonal a la gravedad. Para resolver este problema se puede usar el filtro de Madgwick [10], como un filtro de gradiente descendiente optimizado que calcula la orientación incluyendo la compensación de la distorsión magnética y la compensación del bias del giróscopo. De esta manera, añade al filtro de Mahony las medidas del magnetómetro y, por tanto, se obtiene la orientación en las tres dimensiones. Así, para obtener la orientación de la unidad de medida inercial (IMU) del dispositivo móvil (Figura 3), en primer lugar se calibrará y, a continuación, se usará el filtro de Madgwick para compensar el *bias* del giróscopo. Posteriormente, se fusionan estos datos con el podómetro del móvil mediante el filtro EKF.

- La detección del comportamiento de los usuarios exige describir cualitativamente el conjunto de comportamientos (o actividades) que se desea detectar. Para ello se usa un modelo lingüístico jerárquico con varios niveles de abstracción que describe de forma incremental las actividades de los usuarios,

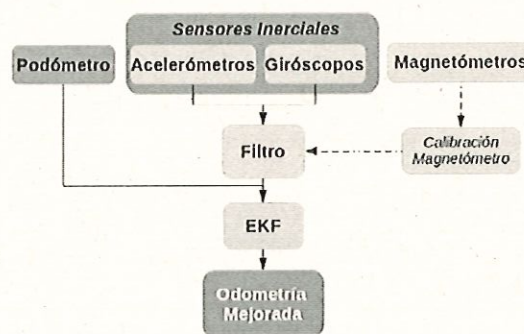


Fig. 3. Sistema de seguimiento propuesto.

estableciendo hipótesis a partir de la información de eventos de más bajo nivel proporcionados por los sensores disponibles en el dispositivo móvil. El paso de datos sensoriales de bajo nivel a información cualitativa de alto nivel se realizará mediante un algoritmo inteligente de fusión multisensorial basado en técnicas de *soft computing* adaptadas a entornos de procesamiento masivo que permiten manejar los datos de miles de usuarios simultáneamente.

Como resultado, este componente genera y registra los eventos asociados con la ejecución de las actividades de localización y de comportamiento de usuarios que forman parte de los SOW. Estos eventos contienen información sobre cuándo y dónde ha tenido lugar la actividad, así como quién la ha realizado. Esta información será la que usarán los algoritmos de minería de procesos para obtener los WF *reales* que han sido seguido por los usuarios.

4 Algoritmos de minería de procesos

Las técnicas de minería de procesos [1] permiten descubrir automáticamente, y a partir de ficheros de registro, el WF *real*, o comportamiento, que han seguido los usuarios que participan en un SOW. Estos ficheros de registro presentan dos características que condicionan enormemente el tipo de algoritmos a desarrollar: la gran cantidad de usuarios que potencialmente pueden participar en un SOW (del orden de decenas de miles) y el elevado número de eventos asociados a actividades que puede generar cada usuario (decenas de actividades). En estos casos, los WF descubiertos por los algoritmos tienen una estructura en *espagueti* que dificulta su comprensibilidad, ya que existe un enorme número de relaciones causales entre las actividades que conforman el WF. Para facilitar esta comprensibilidad por parte de los gestores del WF, se aplicarán las siguientes técnicas de minería de procesos:

- *Algoritmo de descubrimiento de WF.* Este algoritmo debe generar WF que sean completos, precisos y simples, considerando los elevados niveles de ruido que contienen los registros de eventos de actividades en los SOW. Así, el algoritmo debe maximizar los criterios de completitud, precisión y simplicidad, ya que pueden existir caminos de control poco frecuentes pero que son muy informativos, filtrando en la medida de lo posible el ruido que añaden los usuarios al completar actividades no informativas o no completar los WF. Uno de los algoritmos que tiene en cuenta estos requisitos es ProDiGen [13], un algoritmo evolutivo basado en una función jerárquica de evaluación que prioriza la completitud frente a la precisión y ésta frente a la simplicidad. Este algoritmo está integrado en la plataforma ProDiGen que se está desarrollando en el marco del proyecto (Figura 4).
- *Algoritmo de identificación de patrones frecuentes.* A través de este algoritmo, y partiendo del fichero de registro y del WF descubierto, se identifican los patrones de actividades que los usuarios realizan con *frecuencia* durante la ejecución del WF. De esta forma, se describen únicamente aquellos patrones que son ejecutados con una frecuencia superior a un umbral dado,



- *Algoritmo de jerarquización de WF.* El objetivo de este algoritmo consiste en proporcionar diferentes niveles de abstracción de los WF descubiertos [3], obteniendo representaciones más simples en cada uno de estos niveles y facilitando con ello la legibilidad del WF. El algoritmo de jerarquización hace uso de técnicas de agrupamiento de trazas en las que los grupos de trazas se crean en función de su similitud.

© Ediciones Universidad de Salamanca

5 Paralelización de algoritmos

En el proyecto BAI4SOW, los SOW modelan procesos en los que potencialmente pueden participar miles o decenas de miles de usuarios, como puede ser las campañas de marketing en centros comerciales o los procesos de formación en grandes compañías. Esta característica conlleva la necesidad de paralelizar los algoritmos desarrollados y de ejecutar estas versiones paralelas en infraestructuras de cómputo *grid*, *clúster* y *cloud*.

El punto de partida es una capa software (a nivel de *middleware*) capaz de integrar una serie de infraestructuras de cómputo *clúster* y *grid* que tenemos a nuestra disposición [5]. Esta capa ofrece la funcionalidad típica de un *framework de gestión de recursos*. Todos los recursos de estas infraestructuras son vistos como un único y potente recurso de cómputo y almacenamiento sobre el que es posible ejecutar las versiones paralelas de los algoritmos de minería de procesos y de localización y detección del comportamiento de los usuarios. La Figura 5 muestra el diseño arquitectural de esta capa intermediaria. Su arquitectura está basada en un bus de mensajes que coordina la actividad de los componentes que soportan el ciclo de vida de la ejecución de una aplicación intensa en cómputo y datos. Entre los componentes existentes están los responsables de la gestión y provisión de los recursos, el *scheduling* de las tareas a ejecutar, la gestión y recuperación de fallos, el movimiento de datos entre recursos, la

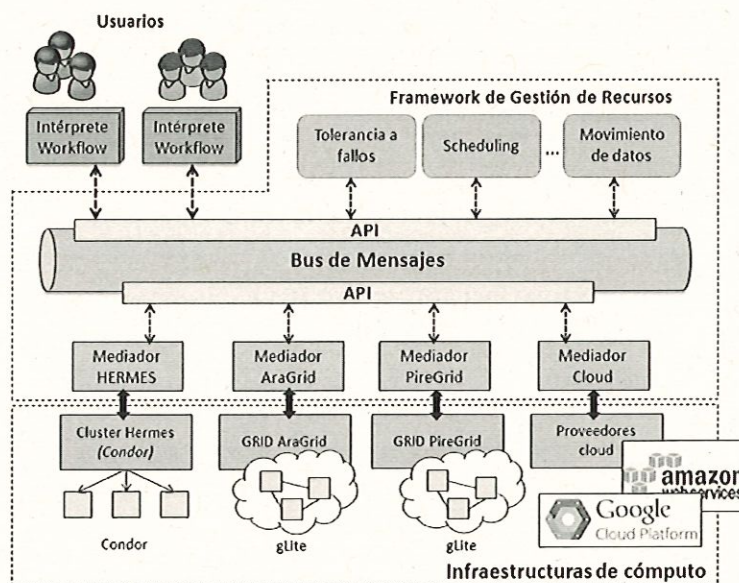


Fig. 5. Arquitectura de alto nivel de la capa *middleware*

monitorización del estado de ejecución, y los mediadores que facilitan el acceso a las infraestructuras de cómputo que fueron integradas. Esta capa software ha sido anteriormente utilizada para resolver con éxito problemas que presentaban fuertes requisitos de cómputo y datos, por ejemplo, la implementación paralela del sistema de anotación semántica presentado en [6].

En BAI4SOW se pretenden potenciar las capacidades de la capa *middleware* para su uso y explotación en entornos de empresa. En la mayoría de los casos, las infraestructuras de cómputo disponibles en el contexto académico (*clúster* o *grid*) no están pensadas para dar soporte a la ejecución de sistemas en producción: sus recursos sólo pueden ser usados para fines relacionados con la investigación, o su fiabilidad, disponibilidad y rendimiento no son adecuados. Para resolver este problema, la funcionalidad de la capa *middleware* será extendida para integrar y gestionar eficientemente los recursos y servicios ofrecidos por los actuales proveedores de *cloud* a nivel de *Infrastructure-as-a-Service* (Amazon AWS, Google Cloud Platform o Microsoft Azure, entre otros). Un primer prototipo de esta nueva versión del *middleware* ya ha sido implementado y probado en el entorno de Amazon AWS. Este prototipo a día de hoy permite ejecutar sobre recursos *cloud* los distintos algoritmos de minería de procesos y de localización y detección del comportamiento de los usuarios, abriendo de esta manera la posibilidad de explotar nuestros resultados en entornos reales de empresa. No obstante, esta evolución hacia entornos tipo *cloud* ha abierto una nueva línea de trabajo en la que abordan cuestiones críticas como, por ejemplo, ¿cómo minimizar el coste de ejecutar estas aplicaciones en una infraestructura donde se paga por el uso de los recursos?, ¿qué recursos son los más adecuados para ejecutar una aplicación o parte de una aplicación?, ¿dónde y cómo almacenar los datos teniendo en cuenta los recursos que han sido contratados?, etc. Todas estas cuestiones se enmarcan en lo que se ha denominado la *economía del cloud*.

En [2] definimos un primer intento de responder a las cuestiones anteriores para el caso de ejecutar aplicaciones del tipo *bag-of-tasks* sobre Amazon AWS. Un modelo de minimización de costes aplicado sobre el catálogo de recursos del proveedor pretendía determinar la mejor combinación de recursos para ejecutar una aplicación teniendo en cuenta los requisitos del usuario (presupuesto o tiempo máximo de ejecución, por ejemplo) y el rendimiento de las instancias contratadas. En BAI4SOW será necesario definir nuevos modelos de minimización que se adecuen a los algoritmos involucrados e integrar estos modelos en el ciclo de vida de la capa *middleware* previamente desarrollada. El objetivo final debe ser que el aprovisionamiento de los recursos *cloud* sea bajo criterios de coste y rendimiento, y el *scheduling* de las aplicaciones sobre estos recursos sea automático desde la perspectiva del usuario final.

6 Conclusiones

En el proyecto BAI4SOW se combinan de forma exitosa técnicas de minería de procesos, estrategias de paralelización de algoritmos, y técnicas de localización y seguimiento de usuarios para extraer información valiosa sobre la ejecución de

SOW en los que los usuarios realizan actividades en escenarios abiertos como centros comerciales abiertos.

Actualmente, el proyecto se encuentra en una fase de paralelización de los algoritmos que ya han sido desarrollados para que puedan ser desplegados en las infraestructuras de cómputo *grid* y *clúster*. Una vez se haya completado ese despliegue se realizarán una serie de pilotos en entornos con usuarios reales.

References

1. van der Aalst, W.M.P.: Process Mining - Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes. Springer (2011)
2. Álvarez, P., Hernández, S., Fabra, J., Ezpeleta, J.: Cost estimation for the provisioning of computing resources to execute bag-of-tasks applications in the amazon cloud. In: 12th International Conference on Economics of Grids, Clouds, Systems and Services (GECON) 2015. Cluj-Napoca, Romania (2015)
3. Bose, R.P.J.C., Verbeek, H.M.W.E., van der Aalst, W.M.P.: Discovering hierarchical process models using prom. In: Nurcan, S. (ed.) Proceedings of the CAiSE Forum 2011. CEUR Workshop Proceedings, vol. 734, pp. 33–40. London, UK (2011)
4. Chapela, D., Vazquez-Barreiros, B., Mucientes, M., Lama, M.: Mining frequent pattern in workflows. In: International Workshop on Algorithms & Theories for the Analysis of Event Data (ATAED 2016) (2016), (Submitted)
5. Fabra, J., Álvarez, P., Bañares, J., Ezpeleta, J.: DENEb: a platform for the development and execution of interoperable dynamic web processes. Concurrency and Computation: Practice and Experience 23(18), 2421–2451 (2011)
6. Fabra, J., Hernández, S., Otero, E., Vidal, J.C., Lama, M., Álvarez, P.: Integration of grid, cluster and cloud resources to semantically annotate a large-sized repository of learning objects. Concurrency and Computation: Practice and Experience 27(17), 4603–4629 (2015)
7. Gorg, S., Bergmann, R.: Social workflows - Vision and potential study. Information Systems 50, 1–19 (2015)
8. Greco, G., Guzzo, A., Manco, G., Saccà, D.: Mining and reasoning on workflows. IEEE Transactions on Knowledge & Data Engineering 17(4), 519–534 (2005)
9. Hernández, N., Alonso, J.M., Ocaña, M.: Hierarchical approach to enhancing topology-based WiFi indoor localization in large environments. Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing 3(5), 221–241 (2016)
10. Madgwick, S.O.: An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays. Report x-io and University of Bristol (UK) (2010)
11. Mahony, R., Hamel, T., Pflimlin, J.M.: Nonlinear complementary filters on the special orthogonal group. IEEE Transactions on Automatic Control 53(5), 1203–1218 (2008)
12. Ramos-Soto, A., Bugarín, A., Barro, S.: On the role of linguistic descriptions of data in the building of natural language generation systems. Fuzzy Sets and Systems 285, 31–51 (2016)
13. Vázquez-Barreiros, B., Mucientes, M., Lama, M.: ProDiGen: Mining complete, precise and minimal structure process models with a genetic algorithm. Information Sciences 294, 315–333 (2015)