

ID:380

GENERADOR DE REGISTROS DE EVENTOS PARA EL ANÁLISIS DE PROCESOS EN UN SISTEMA DE INFORMACIÓN HOSPITALARIA

Orellana García, Arturo; Larrea Armenteros, Osvaldo Ulises; Pérez Alfonso, Damián. Cuba

RESUMEN

La Minería de procesos permite descubrir, monitorear y mejorar los procesos identificados en los sistemas de información que poseen las organizaciones a partir de sus registros de eventos. Su aplicación en otras esferas demuestra que en sistemas hospitalarios permite monitorizar la utilización de los recursos, como los implementos quirúrgicos, permite detectar funcionamientos anómalos, como la desviación, el exceso en el tiempo de estancia de un producto o insumo en el almacén o su ausencia, así como, las variaciones entre la realidad y lo prescrito. En el entorno hospitalario, el análisis de procesos ha sido siempre un factor de vital importancia para la reducción de costos, control y correcto uso de los recursos, mejor atención a pacientes y lograr un servicio de excelencia. La presente investigación se plantea desarrollar un componente para generar registros de eventos del Sistema de Información Hospitalaria o HIS desarrollado por la Universidad de las Ciencias Informáticas, para el análisis de procesos hospitalarios, a partir de técnicas de inteligencia artificial. Las herramientas utilizadas para la implementación son de código abierto y cumplen con los paradigmas de Software Libre, entre estas, Eclipse como entorno de desarrollo, Java como lenguaje de programación y Visual Paradigm para el modelado de procesos. Con esta solución se pretende lograr la generación de registros de eventos en el HIS con alta calidad, para que de esta forma sean aptos para su uso en estudios de Minería de proceso y la toma de decisiones clínico administrativas sobre la gestión de las actividades hospitalarias.

Palabras clave: Análisis de procesos, entorno hospitalario, registro de eventos, Sistema de Información Hospitalaria, Minería de Proceso.

INTRODUCCIÓN

Un registro de eventos es una evidencia de los acontecimientos que ocurren dentro de los sistemas informáticos y las redes de una organización (1). Los registros están compuestos por instancias de proceso y cada instancia contiene información relacionada con la ejecución de una acción u operación específica que se ha ejecutado en un sistema y su marca de tiempo correspondiente. Los registros de eventos constituyen la fuente de datos para el análisis de procesos a partir de herramientas especializadas.

Actualmente, para obtener el registro de eventos y analizar los procesos de sistemas informáticos es necesario hacer uso de herramientas especializadas en diferentes etapas: XESame (2) y Nitro (3), empleadas para extraer los registros de MXML (4) o XES (5) de las fuentes de datos. Aunque son eficientes en su campo, poseen alta complejidad de trabajo en configuraciones técnicas y bases de datos, lo que resulta inconveniente para usuarios inexpertos o ajenos a las ciencias de la Computación. ProM (6), herramienta de software libre, multiplataforma y está diseñada para que en ella se puedan desarrollar y ejecutar algoritmos de minería. Es una herramienta desarrollada con fines académicos, destinada a especialistas de la Minería de procesos, en otras palabras, la usabilidad de la herramienta y comprensión de los modelos generados, no son idóneos para el personal no entrenado.

Las técnicas de minería de procesos tienen como principal objetivo, descubrir, mejorar y monitorear los procesos reales a través de la extracción de conocimientos de los registros de eventos que se encuentran disponibles en los actuales sistemas de información (7). Es una tecnología relativamente joven y a pesar de esto las empresas la están incorporando a sus aplicaciones con la intención de mejorar sus procesos de negocios. En la bibliografía consultada se ha evidenciado un vínculo de esta tecnología con la mayoría de los sectores sociales, uno de ellos es el de la salud, el cual ha influido notablemente en la calidad de vida de los ciudadanos. En un marco internacional, se evidencia su uso en el sector sanitario en casos de estudio que demuestran su importancia en el análisis para chequear, monitorear y mejorar procesos en áreas clínicas y administrativas (8), (9), (10). Sin embargo, en Cuba no existen evidencias de su aplicación y actualmente es un área del conocimiento en exploración.

La aplicación de minería de proceso sobre sistemas hospitalarios permite monitorizar la utilización de los recursos, como los implementos quirúrgicos, los destinados a enfermería y los de consulta externa, su uso en otras esferas (11), (12), (13), (14) demuestra su efectividad para detectar funcionamientos anómalos, como la desviación de recursos, el exceso en el tiempo de estancia de un producto en el almacén o el faltante de algún producto, de forma tal que permita solicitar un producto con mayor o menor frecuencia.

Con el objetivo de informatizar los procesos del nivel secundario de salud se encuentra en construcción el Sistema de Información Hospitalaria (HIS, por sus siglas en inglés) por la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), específicamente por el Centro de Informática Médica (CESIM). En el HIS se encuentran informatizados los procesos fundamentales que se llevan a cabo en el nivel secundario de atención, orientados a satisfacer las necesidades de: almacenamiento, procesamiento, recopilación e interpretación de los datos médico administrativos generados.

El HIS no tiene implementada la forma de generar el registro de eventos, asociado a las trazas de ejecución que se guardan en la bitácora del sistema, imposibilitando así, la aplicación de técnicas y algoritmos de minería de proceso, que permitan realizar un análisis de los diferentes procesos que se ejecutan. Esto afecta en gran medida al personal médico y administrativo, al verse limitado a acceder a esta fuente de conocimientos sin explotación, comprendida de elementos para enriquecer los criterios que llevarían a una buena toma de decisiones clínico administrativas.

La presente investigación se plantea desarrollar un componente de software que permita generar el registro de eventos del Sistema de Información Hospitalaria sin depender de otras herramientas externas, o sea, un componente del sistema que genere un registro de eventos con las mismas características, formato y estructura que los obtenidos a partir de las herramientas antes mencionadas, que permita descubrir modelos de procesos a través de la futura personalización de técnicas de minería de proceso en el sistema.

MATERIAL Y MÉTODO

A. Elementos necesarios para obtener un registro de eventos

Para formalizar la estructura de los Registros de eventos a utilizar en la Minería de proceso se han definido dos estándares: Mining eXtensible Markup Language (MXML) y eXtensible Event Stream (XES). MXML es un formato basado en XML para el intercambio de Registros de eventos. MXML fue el primer estándar que surgió en el 2003 y fue adoptado por la herramienta de Minería de proceso ProM. MXML establece una notación estándar para almacenar fechas, recursos y tipos de transacciones. XES

en el 2010 reemplaza a MXML como el nuevo formato para Minería de proceso independiente de la herramienta (15). Es un estándar basado en experiencias prácticas de MXML, menos restrictivo y verdaderamente extensible. Su principal propósito es ofrecer un formato de intercambio de Registros de eventos entre herramientas y dominios de aplicaciones (5).

Para asegurar un análisis de Minería de proceso exitoso, además del formato de almacenamiento del Registro de eventos se debe garantizar su calidad. La misma se define a partir de tres aspectos fundamentales: confiabilidad, completitud y seguridad. La confiabilidad consiste en que los eventos deben ser confiables, es decir, debería ser seguro asumir que los eventos registrados realmente ocurrieron y que los atributos de los eventos son correctos. La completitud se relaciona a que los Registros de eventos deberían ser completos, dado un determinado contexto, no puede faltar ningún evento. Además, cualquier evento registrado debe tener una semántica bien definida. Por otra parte si los datos de eventos son seguros si se tienen en cuenta consideraciones de privacidad y seguridad al registrar los eventos (15).

B. Atributos del Registro de eventos

El Registro de eventos contiene un registro de elementos, como su raíz el cual contiene todas las trazas. Este registro de elementos también puede contener atributos. Como el registro de elementos solo se crea una vez, el impacto de incluir muchos atributos en el registro es mínimo (4). Por otra parte es de importancia incluir información relevante describiendo el contenido del Registro de eventos y su origen. Los siguientes atributos deben ser tomados en consideración para su adición en el registro de elementos:

- **Nombre de Proceso:** El nombre del proceso al cual el registro le graba su ejecución.
- **Fuente de Datos** Una descripción del Sistema de Información del cual se extrae el Registro de eventos.
- **Organización Fuente:** El nombre de la organización que provee los datos.
- **Descripción:** Una breve descripción del contenido del Registro de eventos.
- **Versión:** Un identificador para diferenciar versiones de Registros de eventos.
- **Autor:** Nombre y detalles de contacto del que definió la conversión.
- **Proyecto de Minería de proceso:** Una referencia del Proyecto de Minería de proceso o el propósito del Registro de eventos.

Para las trazas y eventos pueden ser definidos dos tipos de atributos. El primer tipo son esos atributos que pueden ser especificados para trazas y eventos. Algunos de estos atributos son requeridos por algoritmos de Minería de proceso. La mayoría de estos atributos son definidos por las cinco extensiones estándar de XES. El segundo tipo de atributo son los atributos de datos. Los atributos de datos almacenan información adicional acerca del objeto al cual la traza se refiere o la actividad ejecutada. Algunos algoritmos requieren atributos específicos en el Registro de eventos. Por otra parte no todos los atributos definidos por las extensiones estándar deben estar siempre presentes en el registro. Algunas veces la información requerida no se encuentra en la fuente de datos.

C. Ambiente de desarrollo

A partir del estudio teórico de los registros de eventos se procedió a la implementación del componente de software, y para esto fue necesario hacer uso de las siguientes tecnologías y herramientas:

Eclipse Ganymede 3.4.2: Eclipse es un IDE (del inglés, Integrated Development Environment) de código abierto y multiplataforma que ha alcanzado un alto grado de madurez en el desarrollo de lo que se

conoce como “Aplicaciones de cliente enriquecido”. Fue desarrollado originalmente por IBM (del inglés, International Business Machines) y su futuro está ahora en manos de la Fundación Eclipse, una organización independiente sin ánimo de lucro que fomenta una comunidad de código abierto y un conjunto de productos complementarios, capacidades y servicios.

JBoss Application Server 4.2.2: JBoss es un servidor de aplicaciones Java EE (del inglés, Java Enterprise Edition) de software libre implementado en Java puro. Al estar basado en Java, puede ser utilizado en cualquier sistema operativo que lo soporte. El mismo proporciona una gama completa de prestaciones para Java EE5, así como ampliación de los servicios empresariales, incluyendo clustering, caching y persistencia. JBoss es ideal para aplicaciones Java y aplicaciones basadas en la web. También soporta EJB 3.0 del inglés, (Enterprise Java) y esto hace que el desarrollo de las aplicaciones sea mucho más simple.

JBoss Seam V2.1.1: JBoss Seam 2.1.1 es un potente framework para desarrollar aplicaciones web 2.0 al unificar e integrar tecnologías como AJAX, JSF, EJB, Java Portlets y BPM (del inglés, Business Process Management). Otra característica importante es que se pueden hacer validaciones en los POJOs (del inglés, Plain Old Java Objects) además de manejar directamente la lógica de la aplicación y de negocio desde las sessions beans.

Java VI.6: Java es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Sun Microsystems a principio de la década de 1990. El lenguaje en sí mismo toma gran parte de su sintaxis de C y C++, pero tiene un modelo de objetos más simple y elimina herramientas de bajo nivel, que suelen inducir a muchos errores, como la manipulación directa de punteros o memoria. El lenguaje Java tiene la ventaja de ser multiplataforma. El mismo se ha extendido y ha cobrado cada día más importancia tanto en el ámbito de Internet como en la Informática en general.

AJAX4JSF: AJAX4JSF es una librería open source o de código abierto que se integra totalmente en la arquitectura de JSF y extiende la funcionalidad de sus etiquetas, dotándolas con tecnología AJAX de forma limpia y sin añadir código JavaScript. Mediante esta librería se puede variar el ciclo de vida de una petición JSF, recargar determinados componentes de la página sin necesidad de recargarla por completo, realizar peticiones automáticas al servidor, controlar cualquier evento de usuario, entre otras funcionalidades. En definitiva AJAX4JSF permite dotar a una aplicación JSF de contenido mucho más ajustado a las necesidades del usuario, con muy poco esfuerzo.

Hibernate V3.3: Hibernate es una herramienta ORM (del inglés, Object- Relational Mapping) para la plataforma Java que facilita el mapeo de atributos entre una base de datos relacional tradicional y el modelo de objetos de una aplicación, mediante archivos declarativos XML o anotaciones en los beans de las entidades que permiten establecer estas relaciones.

Facelets VI.1: Facelets es un framework simplificado de presentación, en donde es posible diseñar de forma libre una página web y luego asociarle los componentes JSF específicos. Aporta mayor libertad al diseñador y mejora los informes de errores que tiene JSF. Permite la definición de disposición de páginas basada en plantillas, la composición de componentes, creación de etiquetas personalizadas, desarrollo amigable para el diseñador gráfico y creación de librerías de componentes.

RESULTADOS

La Figura 1 muestra el resultado del desarrollo de la investigación, materializado en un componente que requiere como entradas, para generar el registro de eventos, un nombre de proceso, esta opción está definida para que el usuario identifique el proceso según desee, luego selecciona el proceso que necesita analizar, una vez seleccionado este, delimita el registro con una fecha inicial y final, seguidamente genera el registro con el formato requerido para su análisis en la herramienta ProM. La interfaz muestra también un listado con las ejecuciones previas, permitiendo su persistencia en el tiempo y la reutilización de los ficheros de formato XES.

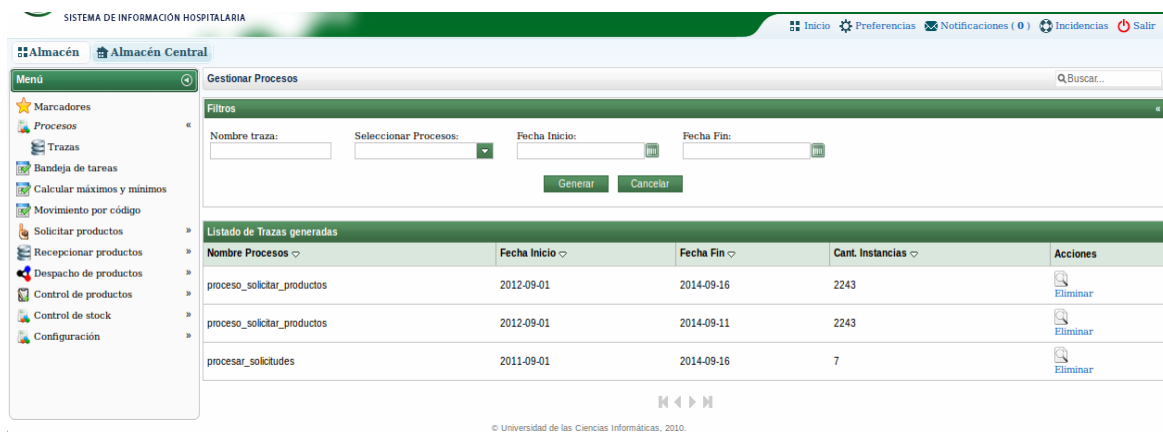


Fig. 1: Vista principal del Generador de Registros de Eventos.

A continuación se muestra un fragmento del registro de eventos (ver Fig. 2) obtenido a partir del componente desarrollado. En la misma se encuentran reflejadas los atributos mencionados anteriormente.

```
<trace>
  <string key="concept:name" value="4364"/>
  <string key="description" value="Simulated process instance"/>
  <event>
    <string key="org:resource" value="clujano"/>
    <date key="time:timestamp" value="2012-01-15T16:53:24.491.000+01:00"/>
    <string key="concept:name" value="ver_detalles_sol_bq"/>
    <string key="lifecycle:transition" value="complete"/>
  </event>
  <event>
    <string key="org:resource" value="administrador"/>
    <date key="time:timestamp" value="2012-01-15T16:53:35.813.000+01:00"/>
    <string key="concept:name" value="despacho_sol_bq"/>
    <string key="lifecycle:transition" value="complete"/>
  </event>
</trace>
```

Fig. 2. Fragmento del registro de eventos.

Al ejecutar el registro de eventos obtenido en la herramienta ProM y aplicar la técnica Mine for a Heuristic Net using Heuristic Miner (devuelve una red heurística de la ejecución del proceso, o sea, muestra su comportamiento real) en un proceso (proceso Solicitar Producto) del módulo Almacén del HIS se obtiene el siguiente modelo de proceso:

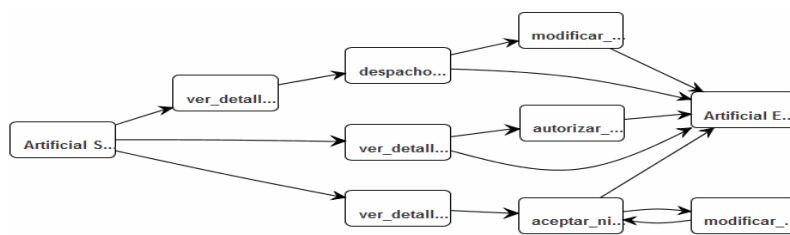


Fig. 3. Modelo obtenido al aplicar la técnica "Mine for a Heuristic Net using Heuristic Miner". Fuente: Elaboración propia.

El objetivo fundamental de este ejemplo es demostrar las similitudes entre la definición formal del proceso y el registro de eventos obtenido a partir de las trazas de su ejecución. Por este motivo, se tiene en cuenta realizar el análisis con un enfoque basado en procesos, o sea, analizar el proceso en general, sobre el cumplimiento de las actividades representadas. El módulo Almacén se encarga de gestionar el flujo de información sobre los distintos movimientos que puede tener un producto en un almacén. Existen tres tipos de solicitudes de producto, solicitud de licitación, solicitud de almacén y solicitud de bloque quirúrgico (ver Fig. 4).

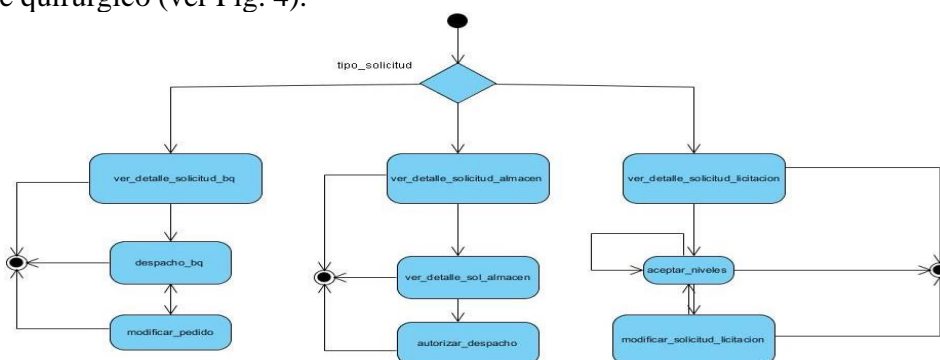


Fig. 4. Diagrama de procesos del negocio Solicitar Producto. Fuente: Elaboración propia.

La técnica aplicada demuestra que la ejecución de los procesos en el sistema concuerda con la definición formal del proceso de negocio al comparar las Fig. 3 y 4. En otras palabras, el sistema ha sido ejecutado de la manera en que fue concebido en su negocio.

CONCLUSIONES

A partir del desarrollo del componente de software, para generar el registro de eventos de un Sistema de Información Hospitalaria, permitió analizar la ejecución de los procesos clínico-administrativos que se encuentran en el sistema, permitiendo otorgar al personal hospitalario de una herramienta para monitorear, chequear y mejorar sus procesos.

La herramienta propuesta está implementada bajo la arquitectura definida para los proyectos en ejecución del Centro de Informática Médica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, haciéndolo genérico y aplicable a otros sistemas. Propiciando así una mejor calidad y completitud de los productos de software desarrollados en el CESIM bajo los paradigmas de código abierto y software libre.

Los modelos generados por la herramienta ProM resultan complejos para su análisis y comprensión, por lo que la investigación en curso se propone continuar con la incorporación de las técnicas de minería de proceso en el propio HIS, brindando facilidades para el análisis de procesos.

En la literatura consultada se demuestra su uso en casos reales de procesos de ginecología y oncología, para el empleo de recursos en el área de Emergencias, tras descubrir horarios de mayor afluencia a esta área hospitalaria, así como, para la toma de decisiones clínico administrativas.

REFERENCIAS

1. Verbeek, H., Buijs, J., Van Dongen, B., and Van Der Aalst, W. (2011). XES, XESame, and ProM 6, volume 72 LNBIP of CAiSE Forum 2010 on Information Systems Evolution. Hammamet.
2. XESame. (n.d.). Extraído el 20 de abril de 2014 desde <http://www.processmining.org/>
3. Nitro. (n.d.). Extraído el 24 de abril de 2014 desde <http://www.fluxicon.org/>
4. J.C.A.M. Buijs, 2010. Mapping Data Sources to XES in a Generic Way [online]. Master Thesis. Eindhoven, The Netherlands: Technische Universiteit Eindhoven. [Accedido 16 marzo 2012]. Disponible desde: http://www.processmining.org/_media/xesame/xesma_thesis_final.pdf.
5. ProM. (n.d.). Extraído el 25 de abril de 2014 desde <http://www.promtool.org/prom6>.
6. Van der Aalst, W.M.P. Process Mining. Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes. London New York: Springer, 2011.
7. Mans, R.S. et al. 2009. Application of Process Mining in Healthcare. A Case Study in a Dutch Hospital, Eindhoven University of Technology, The Netherlands, p. 425-438.
8. Webster, Ch. EHR BPM: From Process Mining to Process Improvement to Process Usability. Trabajo presentado en EHR Workflow Inc, 2011.
9. Maruster, L. Automated Discovery of Workflow Models from Hospital Data. Trabajo publicado en The 13th Belgium-Netherlands Conference on Artificial Intelligence, p. 183-190, 2011.
10. Reijers, A, Van der Aalst, W.M.P, Weijters, A.J. et al. Business Process Mining: An Industrial Application. Information Systems, 2007.
11. Hernández, P.M. Aplicación de técnicas de minería de proceso para el control y mejoramiento del proceso de compras nacionales e internacionales de bienes y servicios para proyectos de investigación de la Pontificia Universidad Javeriana. Tesis de Maestría. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería Industrial, Bogotá, 2012.
12. 16-Van der Heijden, T. H. C. 2012. Process Mining Project Methodology: Developing a General Approach to Apply Process Mining in Practice [online]. Master of Science in Operations Management and Logistics. Netherlands: TUE. School of Industrial Engineering. [Accedido 20 octubre 2012]. Disponible desde: http://alexandria.tue.nl/extra2/afstversl/tm/Van_der_Heijden_2012.pdf.
13. Rozinat, A. & van der Aalst, W.M.P. (2006). Conformance testing: Measuring the fit and appropriateness of event registros and process models. Business Process Management Workshops.
14. IEEE TASK FORCE ON PROCESS MINING, 2011. Manifiesto sobre Minería de proceso [online]. S.l.: s.n. Disponible desde: <http://www.win.tue.nl/ieetfpm/lib/exe/fetch.php?media=shared:pmm-spanish-v1.pdf>.