

Análisis de los datos y coreografía de múltiples procesos en entornos logísticos

Kevin Daniel Cisneros Carreño¹, Ángel Jesús Varela-Vaca², Luisa Parody³,
María Teresa Gómez-López²

¹ Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Zacatepec, México
kev.cisn@hotmail.com

² Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain
{ajvarela,maytegomez}@us.es

³ Universidad Loyola Andalucía, Sevilla, Spain
mlparody@uloyola.es

Abstract. Los procesos de negocio permiten la descripción de modelos colaborativos donde varios procesos y sus instancias se puedan coreografiar. Un ejemplo de la dificultad que implican dichos procesos se encuentra en los entornos logísticos, donde instancias de diferentes procesos y con diferentes cardinalidades deben de trabajar para alcanzar un objetivo común. En este trabajo se identifican el conjunto de retos a resolver para facilitar la incorporación de la ingeniería de los procesos de negocio a entornos logísticos. En el artículo se analizan además los trabajos previos, y se esboza una solución basada en el análisis de los artefactos de datos involucrados y la capacidad del modelado orientado a actividades de los procesos de negocios.

Keywords: Artefactos, Coreografía de Procesos de Negocio, Procesos de Logística

1 Introducción

En el ámbito de la mejora de la competitividad, las organizaciones tienden a modelar sus procesos con el objetivo de automatizarlos para así poder analizarlos y mejorarlos [1]. De dicho análisis, se pueden derivar detecciones de comportamientos correctos e incorrectos y optimizaciones de los mismos, soportado por algún software específico que ayuda en dichas tareas. A estos sistemas que soportan los procesos se les llama *Business Process Management Systems* (BPMS).

El estándar BPMN [17] define un conjunto de componentes para ayudar a los usuarios no expertos a describir sus procesos. Sin embargo, las actividades empresariales a veces son más complejas y necesitan orquestar varios procesos, como es el caso de los entornos logísticos. De esta orquestación se derivan diferentes problemas y retos:

- Los procesos utilizan datos que pueden ser compartidos con otros procesos de negocio, bien mediante el envío de mensajería o con repositorios intermedios. Estos objetos entre si pueden tener diferentes cardinalidades que los

relacionen, por ejemplo: un envío Sevilla-Madrid contiene un conjunto n de paquetes. El proceso que orienta las actividades del paquete tiene cardinalidad 1, mientras en el proceso que modela el transporte Sevilla-Madrid tiene n paquetes. Ambos procesos, que comparten datos, deben ser coreografiados, pero dichos datos tienen en ambos casos cardinalidades diferentes.

- Los modelos de procesos pueden estar orientados a actividades o a artefactos, y por tanto, decidir qué paradigma es el más apropiado en los entornos de logísticas es fundamental para el correcto desarrollo de cualquier sistema de información.
- Pese a que existen los dos tipos de modelados comentados, las soluciones tecnológicas y los estándares de los procesos orientados a actividades están más evolucionados que los orientados a artefactos. En los casos de múltiples objetos, es necesario plantearse si esta falta de evolución tecnológica compensa con respecto a la capacidad de describir la cardinalidad entre los datos.

A continuación, en la Sección 2 haremos una revisión de los trabajos más relevantes en el mundo de la gestión de procesos, los artefactos y en el ámbito logístico. En la Sección 3 se presenta un ejemplo del modelado de datos y de procesos-artefactos sobre un caso real del ámbito logístico. En la Sección 4 se describen los retos presentados. Por último, las conclusiones del análisis realizado se presentan en la Sección 5.

2 Estado del arte

El análisis del estado del arte se ha realizado mediante una revisión sistemática de la literatura, de la cual sólo se incluye en este artículo un pequeño resumen.

La revisión sistemática se desarrolló primero identificando las palabras clave que definirían mejor la búsqueda, estas fueron: “Business Process”, “Logistics Management”, “GPS”, “Tracking” y “BPM”. A partir de las palabras claves, se prosiguió con la búsqueda en las siguientes bases de datos: SpringerLink, IEEE Xplore, ACM Digital Library, SciVerse Scopus, Google Academic. Se han analizado un total de 1284 documentos, de los que se destacan 3 categorías más relevantes y dentro de las mismas, los artículos más importantes: 1) Tecnología que ofrece seguimiento completo en el campo de la logística, dentro de esa sección se encontró el trabajo de Guang-Hua Yang et al. [20] y de Chi-Yi Lin et al. en [13]; 2) Tratamiento de los eventos producidos por componentes orientados a IoT (Internet of Things) para ser tratados en un ambiente Business Process Management como describen Emmersberger et al. [5] o incluso lo estipulado por Dongsoo et al. en [11]; 3) Modelado y coreografiado de objetos y artefactos de procesos en ambiente logístico entre los que destaca lo comentado por Badura [2], sin dejar a un lado lo mencionado por Khabbazi [10].

Tecnología para seguimiento en logística

Kim et al. [11] determinaron que el uso de sistemas basados en BPM (Business Process Management) no son útiles dentro del ámbito logístico, ya que en ocasiones se requiere la integración de eventos complejos. Se pueden

asociar dichos eventos a aquellos ocasionados por elementos externos que pudieran pertenecer a un entorno IoT. Así que realizaron un estudio sobre el diseño y desarrollo de un sistema de gestión de procesos de negocios desde el enfoque de soporte a procesos logísticos basados en sistemas con integración tecnológica RFID (Radio-Frequency Identification).

Tratamiento de eventos en logística

Continuando con [11], Kim et al. también separaron los dos tipos de gestión de procesos para determinar el modo en que se tratarían los eventos producidos por dispositivos externos: (1) Gestión de la Cadena de Suministros; y (2) Sistema de Gestión de la Cadena de Transporte. En dicho trabajo se destaca que ninguno es viable para su implementación, pero que si se toman características de ambos, podrían lograr una adaptación como la aportada con Logistics Business Process Management (L-BPM) y la integración de un software intermediario bajo RFID. La intermediación de RFID resume la información relacionada al producto, dicha información es capturada por sensores y posteriormente leída por lectores de tipo RFID. De esta forma se provee la información de alto nivel a otros programas y/o aplicaciones en la capa superior. Posteriormente, el proceso de negocio asociado al RFID recibe los eventos y realiza una búsqueda directa a través del servicio de nombres de objetos y el uso del servicio de descubrimiento para acceder a varios objetos y atributos requeridos para el diseño de procesos.

Modelado y coreografiado de objetos y artefactos en logística

En [9], se propone un modelo de procesos de negocios para logística interna o entrante utilizando el modelado BPMN 2.0 para especificar la estructura y el comportamiento del sistema para las pequeñas y medianas empresas. La finalidad del artículo es el modelado para la captura de requisitos y análisis sobre los procesos existentes en la fase temprana del desarrollo del BPMS. Siguiendo los pasos y técnica descritos, se enfatiza la necesidad primordial de conocer los posibles roles/actores que participaran junto con sus respectivas propiedades y descripciones, para así realizar posibles ajustes según los pasos que describen cómo integrar posteriormente las actividades.

Sin embargo, algunos autores consideran el uso de distintos modelados como el caso de Badura [2], que indica que los procesos logísticos son los acontecimientos de recursos que proporcionan información del flujo de movimiento que provoca. En el trabajo se presenta un caso práctico de modelado de procesos usando BPMN y también utilizando diagramas de actividades de UML, a lo que se determinó que, a pesar de tener similitudes en el modelado, UML ofrece un enfoque de objeto nativo que comúnmente está conectado a través de dos nodos de actividad para así, en conjunto, describir mediante los diagramas de actividades el flujo de los datos y la información procesados dentro del modelo del sistema. El autor menciona que es posible aprovechar este modelado si se usa solamente en lo que concierne al procesamiento de información. Mientras tanto, un modelado bajo BPMN se concentra en el proceso teniendo en consideración aquellos eventos que definirán el camino o ruta que deberá decidir el recorrido de dicho proceso. Concluye resaltando la gran utilidad de ambos modelados en conjunto.

La idea de Khabbazi en [10] coincide con Badura desde el punto de vista de utilizar UML como modelado complementario para cubrir el flujo de objetos y datos que no son posibles modelar en BPMN 2.0 o que resultan poco factibles. Así, según el artículo, los diagramas de actividad de UML pueden ser usados como herramientas de representación para el modelado del comportamiento del sistema sobre los procedimientos en secuencia de las operaciones (tareas o sub-procesos en BPMN), o describir el escenario entero con sus respectivas actividades y de esta manera, poder cubrir los aspectos que se necesitan para modelar los procesos junto con el flujo de datos y objetos físicos.

Modelado centrado en Artefactos versus Procesos

Desde el punto de vista de los artefactos y procesos sin tener en cuenta la logística, podemos decir que en el mundo de los artefactos no existe un consenso o propuesta unificada para la formalización, definición y análisis de modelos centrados en artefactos, tal como se indica en [3]. La propuesta de Redding et al. [18] analiza el ciclo de vida de los objetos, y mediante ciertas heurísticas, transforma a un modelo basado en Petri-Nets y de éste a un de procesos YAWL. La propuesta de Küster et al. [12] propone obtener un modelo de procesos pero sin coreografía a partir del análisis del ciclo de vida de los artefactos.

Otras propuestas se centran en la derivación de modelos de datos a partir de modelos centrados en actividades. En [4], se definen ciertas reglas de transformación de BPMN a modelado de datos UML, pero sin entrar a analizar si estas reglas son correctas y completas, como por ejemplo, si cubren todas las casuísticas posibles de sincronización en modelos coreografiados y si todas las cardinalidades descritas concuerdan con todos los casos de sincronización en modelos de procesos. Por otro lado, Eshuis et al. [6] intentan obtener un modelado del ciclo de vida de los objetos en base al análisis del proceso de negocio. Sin embargo, los procesos a los que se aplican no contemplan la coreografía de estos objetos entre varios procesos.

3 Caso de Estudio

Para analizar el problema de la logística se ha analizado un modelo de datos de una empresa logística real, y se han estudiado las trazas de paquetería que se pusieron a nuestra disposición. En la sección 3.1 se presenta una aproximación del modelo de datos. Además, se presenta una perspectiva del modelo de artefactos en el que se destacan los ciclos de vida desde el punto de vista del paquete y del transportista. Por último, en la sección 3.2 se presenta una fracción del comportamiento desde el punto de vista de las actividades utilizando el estándar BPMN.

3.1 Modelado de datos y artefactos

A continuación, se muestran los diagramas referente al modelado de datos conceptual en la Figura 1. Como podemos observar el modelo de datos presenta

relaciones con cardinalidades 1-n entre los paquetes y la agencia que los transportará, y cardinalidad n-m, por ejemplo, entre transporte y paquete. Sin embargo, este diagrama no nos permite reflejar el ciclo de vida del dato, para ello usaremos modelos basados en artefactos.

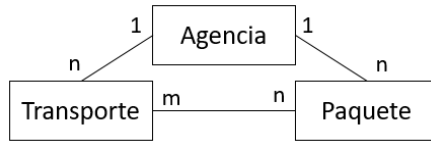


Fig. 1. Modelado Conceptual para Paquete-Agencia-Destino

En la Figura 2 se muestra el modelado de artefactos para el caso del Paquete basados en la notación BALSa, propuesta en [3]. En dicho modelo se muestra el ciclo de vida del paquete, es decir, el conjunto de estados (círculos) y servicios (cuadrado) por los que pasa un artefacto de tipo Paquete. Se puede observar cómo dicho artefacto pasa por diferentes servicios en los que intervendrán varios actores: el cliente procederá a solicitar la recogida del paquete, "Realizar llamada para recogida de paquete", con esto el artefacto pasará al estado de Recogido. Mientras que hay otros servicios que son transparentes para el cliente donde intervienen otros actores: servicios relacionados con las agencias, como por ejemplo, "almacenar paquete en agencia" o "registrar paquete en el almacén destino". En este tipo de modelos nos centramos en el dato y su ciclo de vida perdiendo la perspectiva centrada en las actividades y de su coreografía.

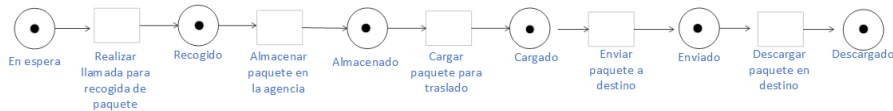


Fig. 2. Modelo del Artefacto Paquete

En la Figura 3 se muestra otro ejemplo de modelado de artefactos para el caso del Transportista, donde se usa el mismo tipo de representación que para el caso del Paquete, es decir, la definición del ciclo de vida desde el punto de vista del transportista. Este tipo de perspectiva tiene ciertas limitaciones, como la imposibilidad de expresar las relaciones entre actividades que involucran o están relacionadas por una coreografía, tal y como se representa en un modelado de procesos. Esta relación se verá en la siguiente sección.

En la figura siguiente se continúa con el trabajo en notación BALSa para el modelado del artefacto Agencia. En este caso, se aprecian los distintos tipos de comportamientos que puede atender, según se trate de una llamada para la

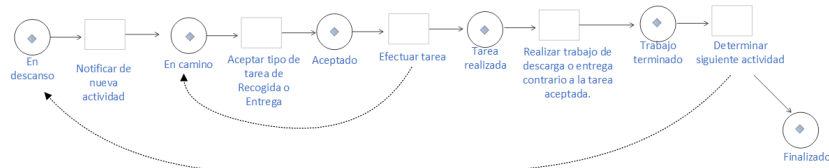


Fig. 3. Modelo del Artefacto Transportista

recogida de un nuevo paquete, atender la llegada de un camión cargado con paquetes para su entrega o incluso el traslado de paquetes a su futuro destino.

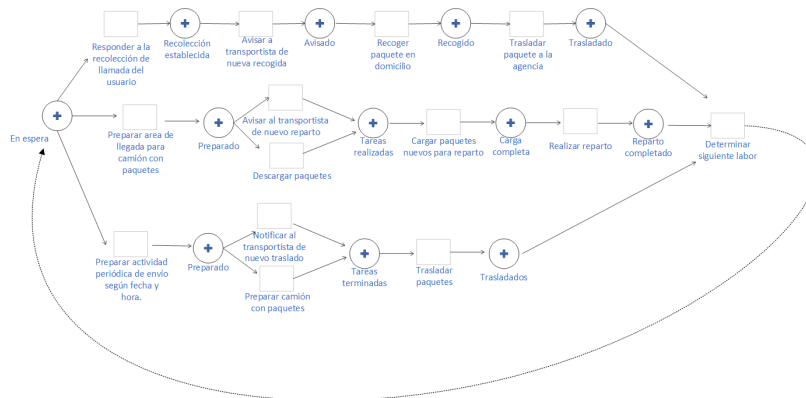


Fig. 4. Modelo del Artefacto Agencia

La figura 5 muestra la integración de los distintos artefactos, así como los servicios que enlazan dichos artefactos. Por ejemplo, el artefacto Paquete en su servicio de "Realizar llamada para recogida de paquete" se comunica con la Agencia para atender la necesidad de la recogida, esto implica que la Agencia notificará al artefacto Transporte sobre la necesidad de una nueva actividad para recoger el Paquete.

3.2 Modelado de procesos

Aunque los procesos de negocio en BPMN 2.0 permiten una descripción centrada en las actividades, la descripción de los datos en éstos son bastante limitadas, centrándose simplemente en la especificación de almacenes de datos, y datos de entrada y/o salida. Por ejemplo, no se pueden expresar relaciones entre estos datos ni expresar las relaciones entre datos manejados por múltiples instancias de procesos, y mucho menos en procesos coreografiados.

En la Figura 6 se presenta un prototipo inicial del modelado en BPMN de algunos procesos de la empresa logística del caso de estudio. En este modelado

Modelado de los artefactos Paquete-Transportista-Agencia

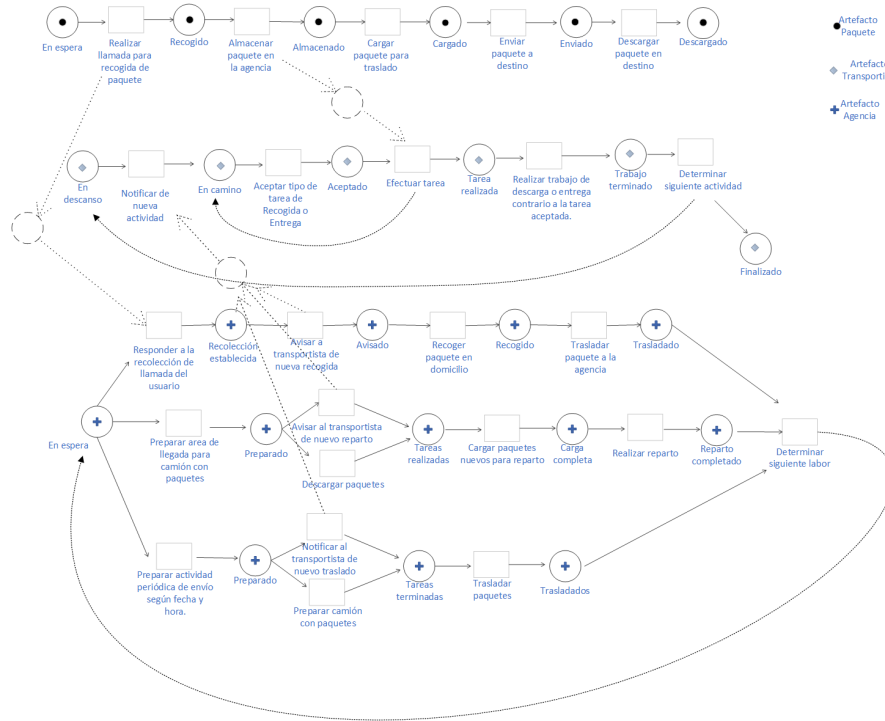


Fig. 5. Modelado integral de artefactos

se presentan los procesos desde la perspectiva de un cliente que desea enviar un paquete desde un origen a un destino, por ejemplo, Sevilla-Madrid. Se puede observar procesos intermedios, por ejemplo, cómo la empresa logística hace la gestión cliente-almacén, cómo el almacén local realiza la gestión de recogida a través de un mensajero local y la puesta en tránsito para el destino de dicho paquete. Además, se muestran cómo los servicios utilizados en el modelo de artefactos tienen su relación con actividades de estos procesos. Por ejemplo, en el servicio "Procesar pago", desde el punto de vista de las actividades, el hecho de hacer el pago tiene un efecto sobre una instancia de un artefacto de tipo Paquete, mientras que el servicio de "Registrar paquetes en el almacén de destino" tiene efecto sobre N instancias.

El diseño anterior, se realizó siguiendo el trabajo realizado en [8] para los patrones de sincronización de los objetos consumidos y producidos por actividades con relación 1-n tal como se muestra en la figura 7.

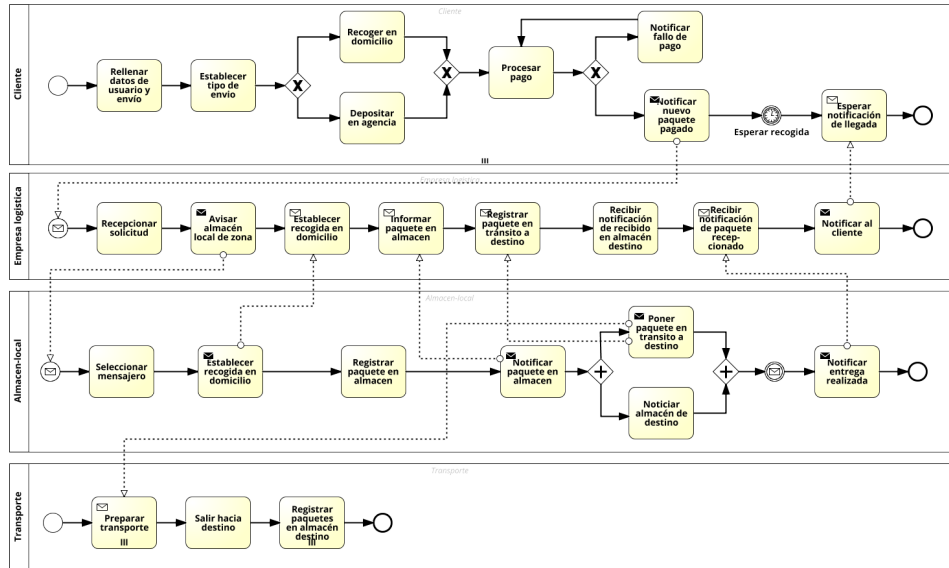
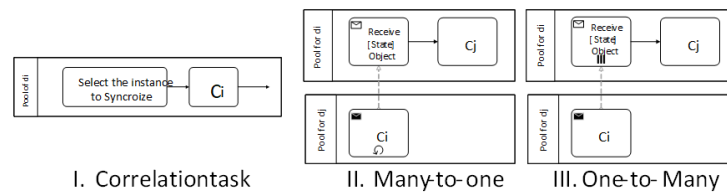


Fig. 6. Muestra relevante de modelado BPMN



I. Correlatortask

II. Many-to-one

III. One-to-Many

Fig. 7. Patrones de Sincronización

4 Descripción de los Retos

Ante las dificultades analizadas previamente en el artículo, podemos concluir que existe un conjunto de retos a los que hay que enfrentarse para resolver la problemática en coreografía de instancias de procesos en entornos logísticos:

- Problema de modelado de la evolución de objetos con múltiples cardinalidades en procesos de negocio [14]. Pese a que el estándar BPMN 2.0 permite la descripción de los estados de los objetos en el modelo de actividades, ésta permite incluir pocos elementos semánticos. Además, no permite trazar el uso de los datos entre los diferentes procesos aunque sean compartidos.
- La dificultad del modelado de procesos coreografiados es alta, a lo que hay que añadir la posibilidad de que estos sean incorrectos o no estén conformes

a las necesidades [7] [19]. A los problemas de diseño se le unen los de implementación y despliegue, especialmente cuando implican el intercambio de mensajes con datos compartidos [15][16].

- La necesidad de combinar los modelos orientados a actividades que tienen mejor soporte tecnológico y los orientados a artefactos que se ajustan mejor a los problemas logísticos. No existen soluciones tecnológicas comerciales para artefactos, y la implementación de soluciones donde hay intercambio de datos entre procesos son complejos.
- Analizar cómo los trabajos previos relacionados con transformación de modelos orientados a actividades y orientados a artefactos se pueden adaptar a los procesos logísticos.

5 Conclusiones y Trabajos Futuro

El análisis de los datos desde las diferentes perspectivas y su ciclo de vida, junto con la perspectiva centrada en actividades, puede ayudar a realizar una solución más holística para un entorno logístico. Desde el punto de vista del modelado, la tecnología y herramientas de análisis para los procesos han evolucionado mucho más que los modelos y herramientas para artefactos. Sin embargo, una perspectiva desde el punto de las actividades no es suficiente ya que existen ciertas deficiencias en cuanto a la representación de los datos, sus cardinalidades, y su orquestación en los procesos. Por lo tanto, es esencial también tener en cuenta las perspectivas de datos para el análisis de procesos.

Como trabajos futuros, se pretende seleccionar una propuesta unificada para el estudio de procesos en entornos logísticos. Esta propuesta tendrá en cuenta las tres perspectivas de forma que nos permita un análisis más detallado de los procesos logísticos y su coreografía.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de España (TIN2015-63502-C3-2-R) y el Fondo de Desarrollo Regional Europeo (ERDF/FEDER).

References

1. van der Aalst, W.M.P.: *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes*. Springer Publishing Company, Incorporated, 1st edn. (2011)
2. Badura, D.: Modelling business process in logistics with the use of diagrams bpmn and uml. *Forum Scientiae Oeconomia* 2, 35–50 (2014)
3. Borrego, D., Gasca, R.M., López, M.T.G.: Automating correctness verification of artifact-centric business process models. *Information & Software Technology* 62, 187–197 (2015)
4. Cruz, E.F., Machado, R.J., Santos, M.Y.: From business process modeling to data model: A systematic approach. In: *2012 Eighth International Conference on the Quality of Information and Communications Technology*. pp. 205–210 (Sept 2012)

5. Emmersberger, C., Springer, F., Wolff, C.: Location based logistics services and event driven business process management. In: *Intelligent Interactive Assistance and Mobile Multimedia Computing*, pp. 167–177. Springer (2009)
6. Eshuis, R., Van Gorp, P.: Synthesizing object life cycles from business process models. *Software & Systems Modeling* 15(1), 281–302 (Feb 2016)
7. Falcioni, D., Polini, A., Polzonetti, A., Re, B.: Livelock and deadlock detection for pa inter-organizational business processes. In: Kő, A., Leitner, C., Leitold, H., Prosser, A. (eds.) *Advancing Democracy, Government and Governance* (2012)
8. Gómez-López, M.T., Pérez-Álvarez, J.M., Varela-Vaca, A.J., Gasca, R.M.: Guiding the creation of choreographed processes with multiple instances based on data models. In: Dumas, M., Fantinato, M. (eds.) *Business Process Management Workshops*. Springer International Publishing, Cham (2017)
9. Khabbazi, M.R., Hasan, M.K., Sulaiman, R., Shapi'i, A.: Business process modeling for domain inbound logistics system : Analytical perspective with bpmn 2.0. *Journal of Basic and Applied Scientific Research* 3(9), 569–578 (2013), qC 20150714
10. Khabbazi, M., Hasan, M., Sulaiman, R., Azrulhizam Shapi, I., Taei Zadeh, A.: Business process modelling in production logistics: Complementary use of bpmn and uml 15, 516–529 (01 2013)
11. Kim, D., Kim, M.: A study on the development of a process designer for logistics process modeling. In: *Proceedings of the Second International Conference on Innovative Computing, Informatio and Control*. pp. 117–. ICICIC '07, IEEE Computer Society, Washington, DC, USA (2007), <http://dx.doi.org/10.1109/ICICIC.2007.97>
12. Küster, J.M., Ryndina, K., Gall, H.: Generation of business process models for object life cycle compliance. In: Alonso, G., Dadam, P., Rosemann, M. (eds.) *Business Process Management*. pp. 165–181. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2007)
13. Lin, C.Y., Cheng, W.T., Wang, S.C.: An end-to-end logistics management application over heterogeneous location systems. *Wireless Personal Communications* 59, 5–16 (2011)
14. López, M.T.G., Borrego, D., Gasca, R.M.: Data state description for the migration to activity-centric business process model maintaining legacy databases. In: *BIS. Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 176, pp. 86–97. Springer (2014)
15. López, M.T.G., Pérez-Álvarez, J.M., Varela-Vaca, Á.J., Gasca, R.M.: Guiding the creation of choreographed processes with multiple instances based on data models. In: *Business Process Management Workshops. Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 281, pp. 239–251 (2016)
16. Meyer, A., Pufahl, L., Batoulis, K., Fahland, D., Weske, M.: Automating data exchange in process choreographies. *Inf. Syst.* 53, 296–329 (2015)
17. OMG: Object Management Group, Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0. OMG Standard (2011)
18. Redding, G.M., Dumas, M., ter Hofstede, A.H., Iordachescu, A.: Generating business process models from object behavior models. *Information Systems Management* 25(4), 319–331 (September 2008), for more information, please refer to the journal's website (see hypertext link) or contact the author.
19. Varela-Vaca, A.J., Gasca, R.M., Parody, L.: OPBUS: Automating Structural Fault Diagnosis for Graphical Models in the Design of Business Processes. In: *21th International Workshop in Principles of Diagnosis (DX'10)* (2010)
20. Yang, G.H., Xu, K., Li, V.O.K.: Hybrid cargo-level tracking system for logistics. *2010 IEEE 71st Vehicular Technology Conference* pp. 1–5 (2010)