

Refinamiento del proceso de Invocación de Aplicaciones desde un Workflow evaluando las QoS

Marcela Daniele¹, Paola Martellotto¹, Daniel Riesco²

¹ Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, Departamento de Computación, Ruta 36 Km 601 CP X5804BYA, Río Cuarto, Córdoba, Argentina,
{paola, marcela}@dc.exa.unrc.edu.ar

² Universidad Nacional de San Luis, Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Departamento de Informática,
Ejército de los Andes 950 - D5700HHW - San Luis – Argentina, driesco@unsl.edu.ar

Resumen. Con el fin de optimizar la invocación de aplicaciones desde un motor workflow se realizaron diversas propuestas utilizando servicios web. Considerando que es fundamental el uso de métricas para evaluar las características fundamentales de calidad (QoS) de servicios web, con el fin de ayudar en la selección del servicio más adecuado, este trabajo propone, por un lado, refinar el proceso de contrastación de servicios web ofrecidos por proveedores y solicitados por usuarios del workflow, y por otro lado, definir y usar métricas para evaluar los atributos de calidad de dichos servicios.

Abstract. In order to optimize the applications invoking from workflow engine a number of proposals were made using web services. Whereas it is essential to use metrics to evaluate the fundamental characteristics of quality (QoS) of Web services, in order to help in selecting the most appropriate service, this paper suggests, first, refine the process of contrast to web services from suppliers of service and requested by users of workflow, and on the other hand, defining and using metrics to evaluate quality attributes of these services.

Palabras Clave. Workflow, Interfaz de Aplicaciones Invocadas, Métricas de calidad, QoS, Servicios Web.

1 Introducción

Las tecnologías de flujos de trabajo o workflows han tenido un crecimiento notable en gran cantidad de industrias. En la actualidad, hay cada vez más productos que usan flujos de trabajo para planear y ejecutar los procesos de negocio. La característica principal que tienen los Sistemas de Gestión de Flujos de Trabajo (SGFT) es la automatización, total o parcial, de los procesos de negocio. La Workflow

Management Coalition (WfMC) [1] ha estandarizado la automatización de los procesos de negocio, y en particular, para permitir la invocación de las aplicaciones externas ha definido la Interfaz de las Aplicaciones Invocadas [2].

Con el objetivo principal de optimizar la comunicación del workflow con las aplicaciones externas, en [5] y [6] los autores de este trabajo proponen especificar dicha Interfaz con servicios web [3], y utilizar la técnica de Reglas de Transformación de Grafos [7] para propiciar la selección dinámica de servicios web, incorporando en dicha selección el análisis de las características de calidad (QoS) [8] de los mismos.

Una de las cuestiones pendientes es determinar de manera precisa cómo realizará el motor del workflow el proceso de contrastación para finalmente invocar el servicio web que más se adecua a los requerimientos del usuario del workflow. En relación a las características de calidad de los servicios web, el motor workflow deberá monitorizar dichas características y registrar internamente los valores obtenidos, a los fines de utilizar esta información al momento de seleccionar un servicio, de la lista de todos los servicios web candidatos.

En este sentido, el objetivo del presente trabajo es, por un lado, refinar el proceso de contrastación de servicios web ofrecidos por proveedores y solicitados por usuarios del workflow, y por otro lado, definir y usar métricas para evaluar los atributos de calidad de dichos servicios.

La evaluación de los atributos de calidad resulta de vital importancia, dado que en la actualidad la adopción de las aplicaciones Web basadas en servicios es generalizada en los más diversos dominios y por lo tanto existe un gran número de servicios web que ofrecen similares funciones. La selección de alguno para un determinado uso requiere, contar con mecanismos para filtrar los servicios web descubiertos y obtener el más adecuado. En este sentido, es fundamental el uso de métricas para evaluar las características fundamentales de calidad (QoS) de servicios web, lo cual debido a la constante aparición de servicios nuevos o cambios en los existentes, exige que esta actividad se realice usando métodos y herramientas. En [9], los autores presentan un modelo de estimación de la calidad con el uso de criterios de evaluación considerados como estándares (ISO/IEC 9126), aplicados al caso específico de Web Service, como una herramienta para estimar la calidad de estos productos en una manera específica. En [10], se desarrolla un interesante trabajo que propone un framework para el establecimiento de un contrato para la invocación de servicios web considerando QoS, y a partir del cual se han obtenido interesantes ideas para la propuesta presentada en este trabajo.

El trabajo se estructura como sigue: la sección 2 detalla el proceso de invocación de aplicaciones externas a un workflow, utilizando la técnica de transformación de grafos para la selección dinámica de los servicios web que permitirán llevar a cabo dicha invocación. La sección 3 presenta las características de calidad de servicios web analizadas en este trabajo. En la sección 4 se describen las métricas utilizadas para evaluar los atributos de calidad de los servicios web. Finalmente se presentan las conclusiones y referencias bibliográficas.

2 El proceso de invocación de aplicaciones externas con Reglas de Transformación de Grafos

La Fig. 1 presenta el esquema propuesto para la invocación de servicios web con Reglas de Transformación de Grafos, presentado inicialmente en [6]. En la misma se observan los servicios web ofrecidos por los proveedores, a través de UDDI, los servicios web solicitados en la invocación de aplicaciones externas, la correspondencia realizada por el motor workflow, y la selección del servicio web que finalmente se invocará.

Dos elementos que tiene en cuenta el motor workflow a la hora de realizar el proceso de contrastación son:

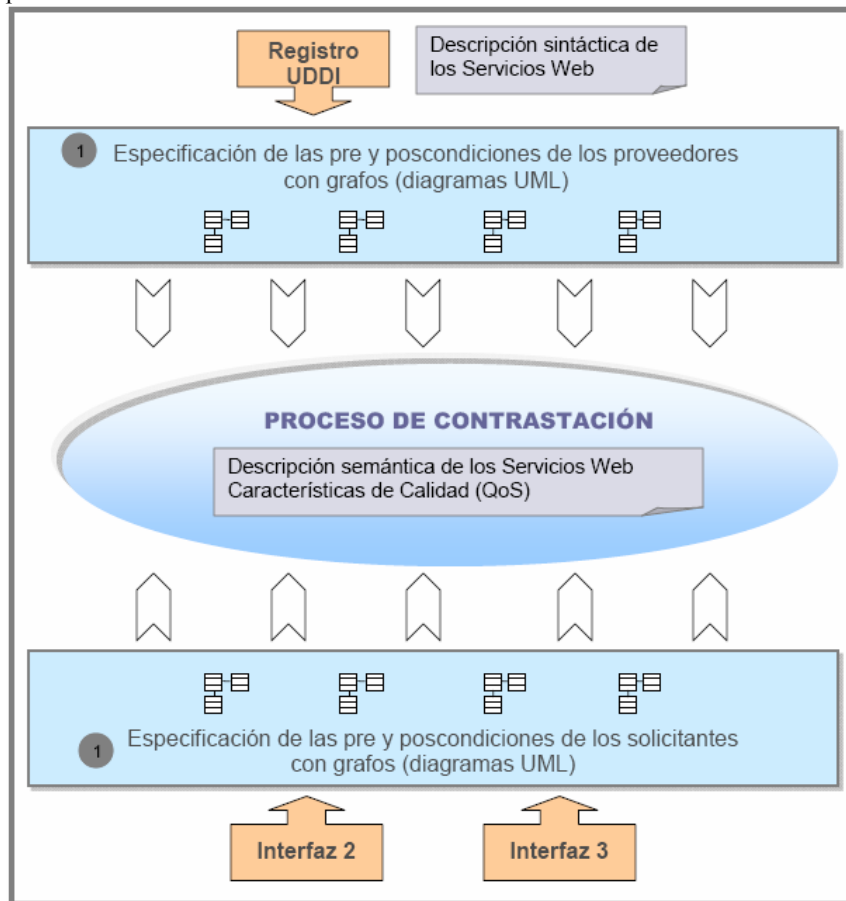


Fig. 1. Esquema general para la selección de servicios web.

- *Historial de las ejecuciones previas:* el motor workflow, a medida que realiza invocaciones de servicios web, monitorea sus atributos de calidad y los registra

en el historial de las ejecuciones previas. Dicho historial contiene información que le sirve al motor workflow para saber cuáles fueron las aplicaciones que en ocasiones anteriores, y bajo las mismas condiciones, se eligieron para invocarse. Esta información incluye el nombre de la aplicación, el tipo, su ubicación, el sistema operativo, la fecha y las características de calidad monitoreadas oportunamente.

- *Características de calidad del propio motor del SGFT:* el motor del SGFT posee un registro de las características de calidad mínimas que acepta al invocar una aplicación. Este registro es adicional a las características de calidad requeridas por el solicitante, especificadas en la precondición del mismo. Su objetivo es permitir el análisis de aquellas características que no fueron explícitamente requeridas por el solicitante, en base a los requerimientos mínimos que el mismo motor del SGFT tiene preestablecidos.

En el esquema propuesto, el componente principal es el motor del SGFT, quien actúa como una agente de descubrimiento de servicios, basándose en los requerimientos funcionales y las características de calidad especificadas por el usuario, y los requerimientos mínimos estipulados por el propio motor. Así, el motor establece un ranking de los servicios web disponibles y elige el más adecuado. También es el responsable de reunir y procesar la información de los servicios web ofrecidos por los proveedores, y mantenerla actualizada a medida que se realizan las invocaciones. Para realizar la correspondencia y selección final, el motor realiza los siguientes pasos:

1. *Especificación de la pre y poscondición del solicitante y las pre y poscondiciones de los proveedores de servicios web.* La pre y poscondición del solicitante contiene los requerimientos funcionales, tales como tipo de aplicación, parámetros y requerimientos adicionales; y los requerimientos no funcionales, referidos a los atributos de calidad del servicio web. Las pre y poscondiciones de los proveedores de servicios web contienen información que se puede obtener del registro UDDI, referida principalmente a las características funcionales del servicio web.
2. *Realización del proceso de contrastación a nivel semántico.* El motor workflow busca en el Registro UDDI todos los servicios web que se corresponden con los requerimientos funcionales del solicitante y obtiene una lista preliminar de servicios web. Durante este proceso de contrastación utiliza la técnica de Transformación de Grafos para analizar la correspondencia de servicios (Fig 2).
3. *Realización del proceso de contrastación a nivel QoS.* Para analizar las características no funcionales tiene en cuenta los requerimientos no funcionales del solicitante y el registro de las características de calidad propias del motor workflow, para el caso de las características no especificadas explícitamente por el solicitante. En cuanto a las características de calidad de los servicios web ofrecidos, el motor workflow determina, en primer lugar, si el servicio web ha sido invocado anteriormente.
 - Si el servicio web ha sido invocado anteriormente, consulta el historial

de las ejecuciones previas, y contrasta según la información almacenada en el mismo.

- Si no se ha invocado anteriormente, analiza las características durante el propio proceso de contrastación. Para ello, aplica métricas para la evaluación de los atributos de calidad.

La contrastación a nivel QoS permite filtrar la lista preliminar de servicios web candidatos y obtener el servicio web que más se adecua a los requerimientos del solicitante. Si hubiera más de un servicio web adecuado, el motor workflow deberá aplicar algún criterio adicional para elegir uno de ellos (el primero de la lista, etc.) (Fig 2).

4. *Invocación del servicio web elegido y registro en el historial.* Finalmente el motor workflow invoca el servicio web elegido, y lo registra en el historial de las ejecuciones previas.

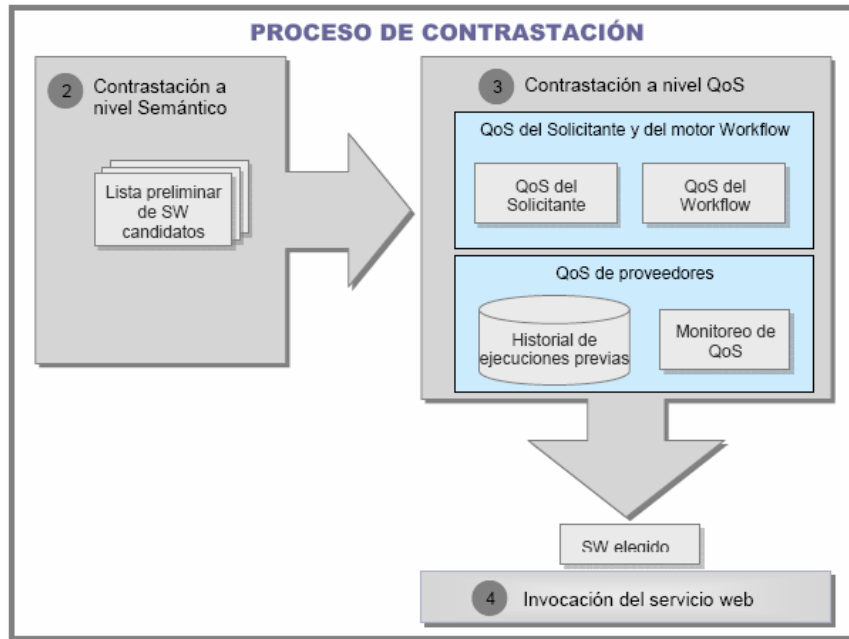


Fig. 2. El proceso de contrastación en detalle.

3 Características de calidad de los Servicios Web

La especificación funcional de un servicio web es una descripción sintáctica que focaliza en los aspectos funcionales del mismo. Una exigencia importante de las aplicaciones basadas en SOA es operar de forma tal de resultar fiables y ofrecer un servicio consistente a una variedad de niveles. Por ello, los requerimientos de un

servicio web no deben focalizar solamente en las propiedades funcionales del mismo, sino que también se deben concentrar en describir el ambiente que lo aloja, es decir, describir las capacidades no funcionales o características de calidad (QoS) del servicio. Cada servicio puede ofrecer diversas opciones de características no funcionales basadas en los requerimientos técnicos resultantes de la demanda de disponibilidad, performance y escalabilidad, políticas de seguridad y privacidad, etc., las cuales deben ser todas descriptas.

Por otro lado, el incremento del número de servicios web que proveen similares funcionalidades también revela que es importante poner más énfasis en encontrar el mejor servicio web que satisface las necesidades del solicitante. Es así que la especificación de las características QoS ofrecidas por un servicio web se vuelve de alta prioridad tanto para el proveedor como para sus clientes. La descripción no funcional de un servicio web se concentra en describir estas características de calidad del servicio.

Las características de calidad de un servicio web se refieren a la habilidad del servicio de responder a las invocaciones y llevarlas a cabo en consonancia con las expectativas del proveedor y de los clientes [8]. Diversos factores de calidad que reflejan las expectativas del cliente, como disponibilidad, conectividad y alta respuesta, se vuelven clave para mantener un negocio competitivo y viable, ya que pueden tener un serio impacto en la provisión del servicio web. Así, las características QoS resultan un criterio importante para determinar la usabilidad y utilidad de los servicios, lo cual influye en la popularidad de los mismos y son un importante punto de diferenciación entre los proveedores de dichos servicios web.

Tener en cuenta las características de calidad de un servicio web es un desafío crítico y significativo dada la naturaleza dinámica e impredecible de Internet. Aplicaciones con muy diferentes características y requerimientos compiten por toda clase de recursos en la web. Los cambios en los patrones de tráfico, las transacciones de negocio críticas en cuanto a la seguridad, y los efectos de las fallas en la infraestructura, crean la necesidad de estandarizar las QoS de un servicio web. A menudo, características QoS no resueltas causan que aplicaciones transaccionales críticas sufran niveles inaceptables de degradación de la performance.

Tradicionalmente, las QoS se miden por el grado en el cual las aplicaciones, sistemas, redes y otros elementos de la tecnología de Internet soportan la disponibilidad de los servicios a un nivel requerido de performance, en todos los accesos y condiciones de descarga. Mientras que las métricas tradicionales de QoS son aplicables, las características particulares de los entornos de los servicios web demandan lograr mayor disponibilidad de las aplicaciones e incrementar la complejidad en términos de acceso y gestión de los servicios.

En el contexto de los servicios web, las QoS se pueden ver como la capacidad de ofrecer garantía sobre un conjunto de características cuantitativas, referidas específicamente a los aspectos no funcionales de los servicios. Estas características son un requerimiento necesario para entender el comportamiento subyacente del servicio de manera tal que otras aplicaciones y servicios puedan invocarlos y ejecutarlos como parte de su proceso de negocio.

La estimación de la calidad de software es, en general, un proceso difícil de llevar a cabo ya que requiere de un compromiso por parte de los agentes externos a la organización a evaluar y por parte de sus miembros, los cuales orientan la evaluación

según sus necesidades. En particular, este tópico empleado en tecnologías novedosas como son los servicios Web se convierten en un reto.

En [9], define QoS como el conjunto de características cualitativas y cuantitativas de un sistema multimedia distribuido, que son necesarias para lograr la funcionalidad requerida en una aplicación. En este sentido, QoS determina la usabilidad y utilidad del servicio, influenciando en la popularidad del mismo. Con la extensa propagación de los WS, QoS se ha convertido en un factor significativo para determinar el éxito que pueda alcanzar un proveedor de servicio sobre otros [11]. Aplicar QoS en Internet es un reto crítico y significativo debido a la naturaleza dinámica e impredecible de la Web. QoS cubre un rango de técnicas que armoniza las necesidades de quien requiere el servicio con quien lo provee, basándose en los recursos de red disponibles. Las QoS de un servicio representan los requerimientos de calidad necesarios para alcanzar la funcionalidad esperada del mismo.

En este trabajo se define una forma de incorporar algunas características de calidad de los servicios web, que posteriormente será tenida en cuenta para la selección del servicio web más adecuado. La Tabla 1 detalla los elementos clave que se tienen en cuenta para soportar las características de calidad QoS en el ambiente de los servicios web. En particular, se tienen en cuenta las características relacionadas al tiempo de ejecución del servicio.

Tabla 1. Características de calidad de los Servicios Web.

Característica de Calidad	Definición
Performance	Velocidad para completar un requerimiento de un servicio, se mide en términos de rendimiento (throughput), tiempo de respuesta, latencia, tiempo de ejecución, tiempo de transacción.
	Rendimiento Número de requerimientos de servicios web atendidos en un período de tiempo dado.
	Tiempo de Respuesta Tiempo esperado entre que se envía un requerimiento y se recibe una respuesta.
	Latencia Tiempo entre que un requerimiento de un servicio arriba y el requerimiento comienza a ser atendido.
	Tiempo de Ejecución Es el tiempo que necesita un servicio web para procesar su secuencia de actividades.
	Tiempo de Transacción Representa el tiempo que transcurre mientras el servicio web está completando una transacción.
Disponibilidad	Probabilidad de que el servicio web este disponible
Fiabilidad	Habilidad de un servicio para funcionar correcta y consistentemente y proveer la misma calidad a pesar de las fallas en la red o el sistema
Robustez	Grado en el cual un servicio reacciona de manera correcta ante situaciones anormales, como entradas inválidas, incompletas o conflictivas. Anormal relativo a la especificación.

La incorporación de las características de calidad de los servicios web ofrece importantes beneficios, tanto para los usuarios como los proveedores. A los usuarios les permite expresar sus necesidades y utilizar el servicio web que mejor se ajusta a las mismas, mientras que a proveedores pueden publicar mejor las capacidades de sus servicios.

4 Métricas para evaluar QoS de un Servicio Web

Para evaluar las QoS de un servicio Web se define una unidad de medida para cada una, y en base a una escala se asigna un peso numérico. Luego se define una función F que simplemente suma los pesos numéricos obtenidos por cada QoS, y arroja un valor total para cada servicio evaluado. En base a estos resultados, el motor workflow los ordena y compara, y se queda con el que más peso tiene, asumiendo que es el que más cumple con las características de calidad deseadas.

También se define una función extendida considerando que cada QoS se mide por su peso y una prioridad, entonces la función F_p considera a ambas variables.

4.1 Definición de asignación de peso según Unidad de Medida

Las Unidades de Medida usadas son:

- **Unidad de tiempo:** esta unidad de medida puede arrojar un valor en milisegundos, segundos, minutos u horas, dependiendo de la característica evaluada.
- **Porcentaje:** esta unidad indica un valor numérico entre 0 y 100, que se toma a partir de una muestra significativa, y depende de la característica evaluada.

Para el caso de la **Disponibilidad** la muestra significa que ante una cantidad de ejecuciones del servicio (CES), se determina su porcentaje de disponibilidad (PD) según la cantidad de veces que se encuentra disponible (CD). Donde se escribirá un algoritmo que permita calcular CD, según $\text{If ServicioDisponible then } CD = CD + 1.$

$$PD = (CD / CES) * 100. \quad (1)$$

La Tabla 2 muestra las unidades de medida que serán usadas para evaluar cada una de las características de calidad de los servicios web, consideradas en este trabajo. Además un identificador para cada QoS asume el valor que le será asignado según una escala definida para cada unidad de medida.

Definición de la función que simplemente suma los pesos o valores obtenidos por cada servicio web que trajo el motor Workflow, los compara y elige seleccionar el de mayor puntaje.

$$F = R + TR + L + TE + TT + D + F + Rz. \quad (2)$$

Tabla 2. Unidades de medida para las características de calidad de los Servicios Web.

QoS	Unidad de Medida	Identificador/Valor obtenido
<i>Rendimiento</i>	Unidad de tiempo	R
<i>Tiempo de Respuesta</i>	Unidad de tiempo	TR
<i>Latencia</i>	Unidad de tiempo	L
<i>Tiempo de Ejecución</i>	Unidad de tiempo	TE
<i>Tiempo de Transacción</i>	Unidad de tiempo	TT
<i>Disponibilidad</i>	Porcentaje	D
<i>Fiabilidad</i>	Porcentaje	F
<i>Robustez</i>	Porcentaje	Rz

4.2 Definición de asignación de peso según Unidad de Medida

Para asignar un **peso** a las unidades de medida **Unidad de Tiempo y Porcentaje** se define una escala con los siguientes valores posibles [0, 0.25, 0.5, 0.75, 1]. Y para cada Unidad de Medida se determina su peso o valor según la escala.

Como se indicó en la Tabla 2, las características de calidad Rendimiento (R), Tiempo de Respuesta (TR), Latencia (L), Tiempo de Ejecución (TE) y Tiempo de Transacción (TT) se evalúan considerando la unidad de medida Unidad de Tiempo.

La Tabla 3 muestra los valores que se le asignará a cada una de dichas características, teniendo en cuenta que las unidades de tiempo pueden ser microsegundos, milisegundos, segundos, entre otras.

Luego, dependiendo de la característica y del servicio a evaluar será necesario definir el tiempo máximo, mínimo y los tiempos intermedios deseables para cada una y para cada caso particular. Esta definición da la posibilidad de variar estos valores las veces que se consideren necesarias.

Tabla 3. Valor asignado a las características de calidad evaluadas con Unidades de Tiempo.

Unidad de Tiempo Medido	Valor según escala
T_{max} : máximo tiempo aceptado para la QoS evaluada	0
T_{maxm} : definido como $T_{max} > T_{maxm} > T_{med}$	0.25
T_{med} : tiempo medio definido por $T_{med} = (T_{min} + T_{max}) / 2$	0.5
T_{minm} : definido como $T_{med} > T_{minm} > T_{min}$	0.75
T_{min} : tiempo mínimo requerido para la QoS evaluada	1

Para el caso de la Disponibilidad (D), la Fiabilidad (F) y la Robustez (Rz) se miden en Porcentaje, y el valor de D, F y Rz se obtiene según la tabla 4.

Tabla 4. Valor asignado a las características de calidad evaluadas con Porcentaje.

D=Porcentaje Obtenido	Valor según escala
0	0
entre 0.01 % y 25 %	0.25
entre 25.01 % y 75 %	0.5
entre 75.01 % y 99.99 %	0.75
100	1

4.3 Asignación de prioridades a las características de calidad

De acuerdo a la tabla 5 se indica que cada característica de calidad podría tener una prioridad requerida por el usuario que desea solicitar un servicio, en este caso aplicable al workflow, y que deberá ser configurado en la interface de invocación de aplicaciones.

Tabla 5. Valor asignado a las QoS según prioridad definida.

Prioridad	Valor según escala
Baja	1
Media	2
Alta	3

Entonces, la Función con prioridades asignadas a cada QoS queda definida por 3.

$$Fp = R * Rp + TR * TRp + L * Lp + TE * TEp + TT * TTp + D * Dp + F * Fp + \quad (3) \\ Rz * Rzp$$

5 CONCLUSIONES

La automatización de los procesos de negocio o flujos de trabajo ha producido en las organizaciones una importante reducción de costos, incremento de eficiencia, menores oportunidades de cometer errores, y mejor control y calidad en beneficio de todos. En la actualidad la automatización de los procesos de negocio se ha convertido un objetivo primordial para el crecimiento y desarrollo de las organizaciones. El uso de servicios web como parte de la Interfaz de las Aplicaciones Invocadas de los SGFT provee importantes beneficios como la distribución transparente de las aplicaciones externas al workflow, lo cual permite al motor del mismo invocarlas sin la necesidad de conocer su ubicación exacta, con el importante beneficio de que pueden cambiar su ubicación en la red sin que esto implique ninguna modificación en su invocación.

Con respecto a las características de calidad de los servicios web, actualmente, un cliente que desea acceder a un servicio no está interesado solamente en los aspectos funcionales del servicio, sino también en sus características de calidad, esto es, el conjunto de atributos no funcionales que pueden tener un alto impacto en la calidad del servicio ofrecido por un proveedor. Por ello su incorporación es vital cuando se

desea seleccionar el servicio web más adecuado que satisfaga todos los requerimientos del usuario. Además, como existen múltiples servicios web en el registro UDDI que proveen similares funcionalidades, las características de calidad se pueden utilizar para afinar la búsqueda. Con su incorporación a la descripción de los servicios web se hace posible evaluar la calidad de los mismos, filtrar la lista de todos los servicios descubiertos y obtener los más adecuados, con la ventaja de que esta incorporación no requiere modificar el modelo de servicio web actual definido por el protocolo UDDI. Con el uso de métricas para evaluar las características de calidad de los servicios web disponibles en la red, el objetivo es, además de capturar la información relevante respecto de la funcionalidad del servicio, realizar la evaluación de la calidad respecto de lo solicitado en ciertos contextos y lo ofrecido por los proveedores. Las métricas permiten al motor del workflow realizar el monitoreo de los atributos de calidad, toda vez que en la lista de servicios web candidatos aparece alguno que anteriormente no había sido invocado, y por ello no está almacenado en el historial de las ejecuciones previas, o simplemente, cuando necesita actualizar los valores almacenados.

Otro beneficio importante está dado por la utilización de las Técnicas de Transformación de Grafos, lo cual permite que los resultados de las consultas en el protocolo UDDI no estén limitados por las palabras clave definidas en tiempo de diseño, favoreciendo la selección dinámica de los servicios web.

Referencias

1. Workflow Management Coalition. The Workflow Reference Model. WfMC-TC00-1003. <http://www.wfmc.org/standards/referencemodel.htm>. Último acceso Mayo 2008.
2. Workflow Management Coalition. Programming Interface 2&3 Specification. WfMC-TC-1009.V2.0. <http://www.wfmc.org/standards/publicdocuments.htm>. Últ. acceso Mayo 2008.
3. World Wide Web Consortium. Web Service Architecture. <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>. Último acceso Mayo 2008.
4. OASIS. UDDI Version 3.0.2. http://uddi.org/pubs/uddi_v3.htm. Últ. acceso Mayo 2008.
5. Daniele Marcela, Martellotto Paola, Riesco Daniel. Mejorando la Invocación de Aplicaciones desde un Workflow: Un caso de estudio. XXXV Conferencia Latinoamericana de Informática - XXXV CLEI. Universidad Federal de Pelotas. Pelotas, Brasil. 22 al 25 de Septiembre de 2009. Páginas 550 pp. ISBN 978-987-24611-0-2.
6. Martellotto Paola, Daniele Marcela, Riesco Daniel. Invocación de Aplicaciones desde el Workflow con Servicios Web considerando sus Requerimientos No Funcionales. 38th Argentine Conference on Informatics – JAIIO 2009. 10th Argentine Symposium on Software Engineering – ASSE 2009. 24 al 28 de Octubre de 2009. Mar del Plata – Argentina. Páginas 160-165. ISSN 1850-2776.
7. Baresi L., Heckel R. Tutorial Introduction to Graph Transformation: A Software Engineering Perspective. First International Conference on Graph Transformation. Spain. v. 2505, pp. 402-429. (ICGT 2002). 2002.
8. Papazoglou M., Web Services: Principles and Technology. Ed. Pearson Education Limited, Prentice Hall, First Edition. 2008.
9. María Pérez, Luis E. Mendoza, Anna C. Grimán. Modelo para estimación de la calidad de un Web Service. Universidad Simón Bolívar, Departamento de Procesos y Sistemas, LISI, 2006.

10. Marco Comuzzi and Barbara Pernici. A Framework for QoS-Based Web service Contracting. In ACM Transactions on web, Vol. 3(3), June 2009.
11. Mani, A. y Nagarajan, A. Understanding Quality of service for Web Services, (2002). <http://www-106.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-quality.html>