

# COMPROBACIÓN DE CONSISTENCIA Y CONFORMIDAD EN DOCUMENTOS CON CONSCIENCIA TEMPORAL

Carlos Müller, Octavio Martín-Díaz, Antonio Ruiz-Cortés y José María García

Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática  
Universidad de Sevilla  
Avda. Reina Mercedes S/N, 41012 Sevilla  
{cmuller,aruiz,josemgarcia}@us.es, octavio@lsi.us.es

**Palabras Clave:** Emparejamiento de Servicios, Calidad de Servicio, Temporalidad.

**Resumen.** *En el contexto del emparejamiento de servicios, consciencia temporal (CT) hace referencia al tratamiento de ofertas y demandas cuya validez está sujeta a períodos de vigencia. Pueden distinguirse varios grados de expresividad de la CT, según la naturaleza y alcance de los intervalos temporales que conforman los períodos de vigencia. A mayor expresividad, mayor es la complejidad computacional para resolver las tareas de emparejamiento, motivo por el que muchas de propuestas actuales no sean eficientes u ofrezcan grados inferiores de expresividad. En el presente trabajo, realizamos un breve estudio de los grados de expresividad de CT, que nos permite conocer las necesidades de implementación en cada caso y hacer una clasificación del estado del arte. En particular, ofrecemos una solución eficiente para el caso en el que la naturaleza de los períodos de vigencia viene dada por intervalos temporales conexos, inconexos y/o periódicos, y el alcance de dichos períodos determina tanto la validez de demandas y ofertas como sus propias condiciones de calidad.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Comprobar la consistencia y la conformidad de ofertas y demandas son dos tareas básicas del emparejamiento de servicios web [1]. Dichas tareas se han interpretado de manera exitosa como problemas de satisfacción de restricciones [1], y se ha propuesto el uso de un resolutor de restricciones como elemento clave para implementar los algoritmos necesarios para determinar la consistencia y la conformidad [2]. En [3] se demostró que ambas tareas podían seguir interpretándose como problemas de satisfacción de restricciones al añadir consciencia temporal a dichos documentos de calidad.

La figura 1 muestra un ejemplo de oferta y demanda a las que se ha añadido consciencia temporal en su grado más básico. Concretamente, se le ha asociado a todas las condiciones del documento (oferta y/o demanda) el mismo período de tiempo durante el cuál tienen validez. Dicho período lo denominamos período de vigencia. Como veremos a

lo largo de este trabajo, dependiendo de la estructura de dicho período y de cómo varían las condiciones durante el mismo, se podrá añadir consciencia temporal de una forma más compleja. Se recuerda que las condiciones de una demanda no sólo se refieren a los requisitos, sino que también comprenden a las garantías que ofrece al proveedor del servicio requerido (R1' y G1' de la fig. 1, respectivamente). Del mismo modo, las condiciones de una oferta no sólo se refieren a las garantías, sino que también comprenden a los requisitos sobre el cliente del servicio (R1, G1 y G2 de la fig. 1, respectivamente).

El siguiente paso de nuestra investigación en esta línea ha sido estudiar en qué medida los algoritmos para determinar la consistencia y la conformidad podían seguir siendo utilizados en el caso de ofertas y demandas con consciencia temporal en los diferentes grados en la que ésta se puede dar. Presentar los problemas encontrados durante este estudio y la estrategia de solución que pretendemos seguir son el objeto central de este trabajo.

El trabajo se estructura de la siguiente forma: en la sección 2 se presenta nuestra visión de los diferentes grados posibles de consciencia temporal; en la sección 3 se comentan aspectos relativos a la implementación; en la sección 4 se revisa brevemente algunas propuestas relacionadas con nuestro trabajo. Finalmente, en la sección 5 se presentan las principales conclusiones y el trabajo futuro.

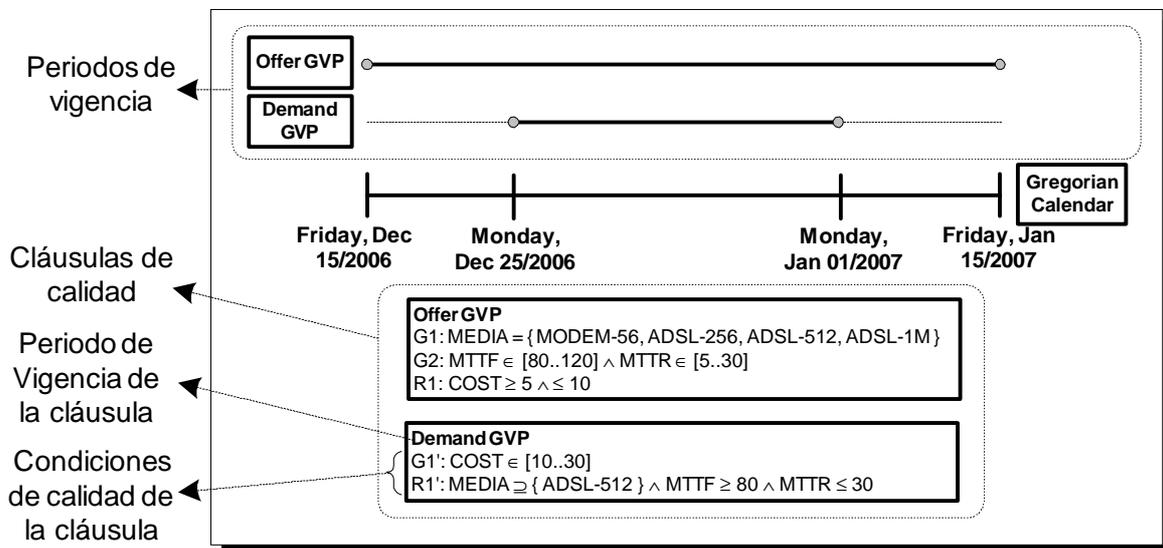


Figura 1. Partes de documentos de calidad (oferta y demanda) con consciencia temporal de grado 1.

## 2. DEMANDAS Y OFERTAS CON CONSCIENCIA TEMPORAL

A continuación se comentan los tres grados de consciencia temporal que hemos identificado en nuestro estudio, atendiendo a la estructura del período de vigencia y de cómo varían las condiciones durante dicho período.

### 2.1. Grado 1. Período de un único intervalo y condiciones invariables

En este caso, el período de vigencia está determinado únicamente por un único intervalo de tiempo y las condiciones de calidad permanecen invariables sobre dicho período (véase la fig. 1).

### 2.2. Grado 2. Período de múltiples intervalos y condiciones invariables

En este caso, el período de vigencia está determinado por una secuencia de intervalos de tiempo y las condiciones de calidad permanecen invariables sobre todos y cada uno de los intervalos.

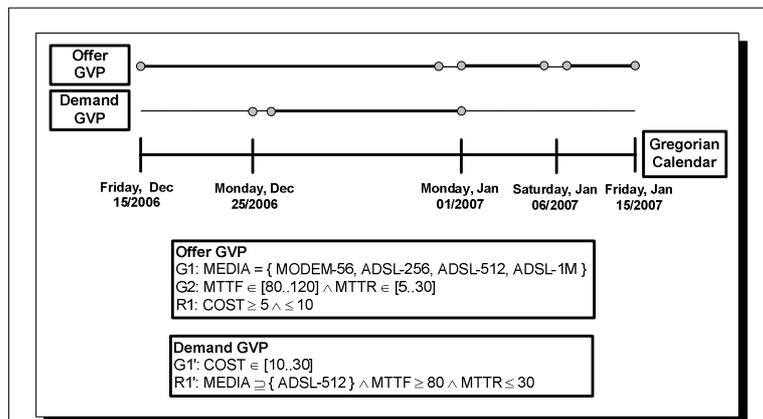


Figura 3a. Documentos de calidad con consciencia temporal de **grado 2a** (intervalos no periódicos)

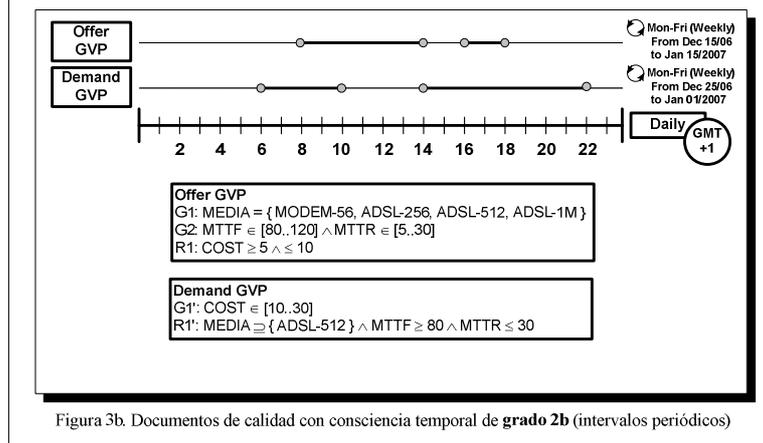


Figura 3b. Documentos de calidad con consciencia temporal de **grado 2b** (intervalos periódicos)

Figura 2. Ofertas y demandas con consciencia temporal de grado 2.

Existen muchas situaciones en las que se puede hacer necesario este grado de consciencia temporal. Por ejemplo, supóngase que sobre la oferta de la figura 1 se decide que el servicio no va a estar disponible ni el día de reyes ni el día de fin de año y que sobre la demanda, se decide que el día 26 de Diciembre no es importante y no se requiere el servicio. La nueva situación se ve reflejada en la figura 2a, en la que se puede apreciar que el período de vigencia se compone de tres intervalos en el caso de la oferta, y dos intervalos en el caso de la demanda.

Otra situación que justifica este grado es la siguiente. Supóngase que el proveedor decide que su servicio sólo va a estar disponible de lunes a viernes de 8 am. a 2 pm. y de 4 pm. a 6 pm. Supóngase también, que el cliente quiere restringir su demanda a franjas horarias periódicas. La nueva situación se ve reflejada en la figura 2b, en la que se puede apreciar que el período de vigencia se componen de dos intervalos periódicos tanto en la oferta como en la demanda.

### 2.3. Grado 3. Período de múltiples intervalos y condiciones variables

En este caso, el período de vigencia está determinado por una secuencia de intervalos de tiempo y algunas condiciones de calidad pueden variar en cada uno de estos intervalos. Los intervalos de tiempo en los que las condiciones de calidad son invariables suelen etiquetarse y se denominan períodos particulares.

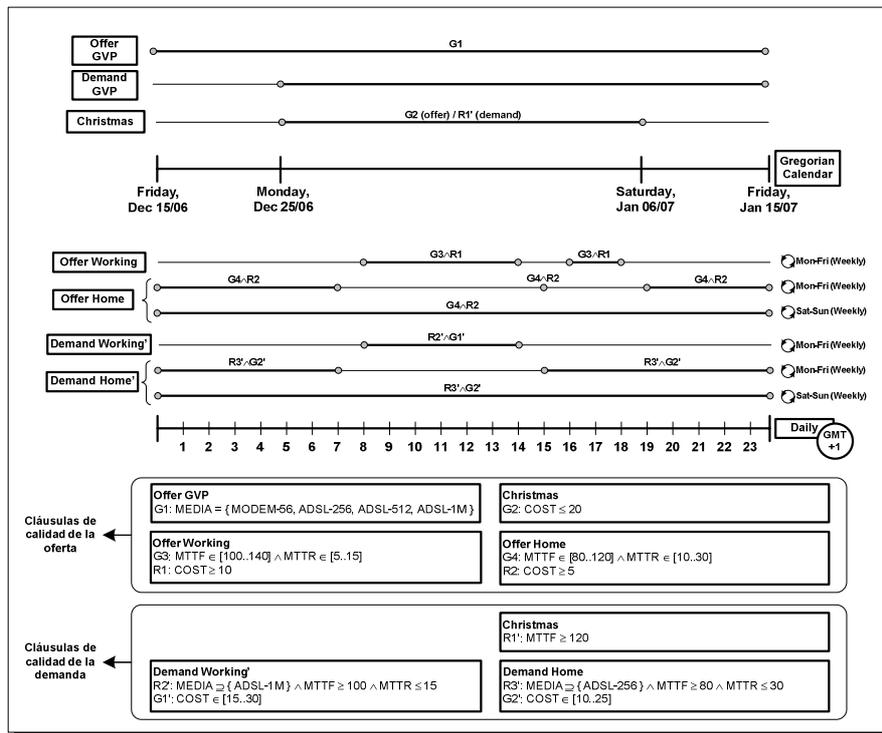


Figura 3. Documentos de calidad con consciencia temporal de grado 3.

Estos períodos particulares se pueden distinguir entre los períodos de vigencia globales (GVP) que denotan cuándo son válidos los documentos de calidad; y los períodos de vigencia locales (LVP) que denotan cuándo son válidas las condiciones de calidad.

Existen muchas situaciones en las que se puede hacer necesario este grado de consciencia temporal. Por ejemplo, supóngase que el proveedor decide garantizar y requerir unas condiciones de calidad en horario laboral (WORKING) diferentes que las que garantiza y requiere en horario de descanso (HOME). Suponga también, que decide garantizar unas condiciones diferentes durante el período de navidad (CHRISTMAS). Por último, suponga que desea garantizar durante todo el período de vigencia una condición de calidad concreta sobre un único parámetro de calidad (GLOBAL). La figura 3 ilustra dicho supuesto.

Nótese, que en el supuesto del ejemplo, para un mismo instante temporal pueden estar vigentes las condiciones de calidad asociadas a más de un período particular. Por ejemplo, para la oferta de la figura 3, a las 11:00 horas del lunes 25 de Diciembre de 2006 estarían vigentes las condiciones de calidad del período local WORKING (G3 & R1), las condiciones del período navideño (G2) y la única condición vigente durante todo el período global de la oferta (G1). La figura 4 ilustra las condiciones de calidad vigentes del 23 al 27 de diciembre sobre la oferta de la figura 3.

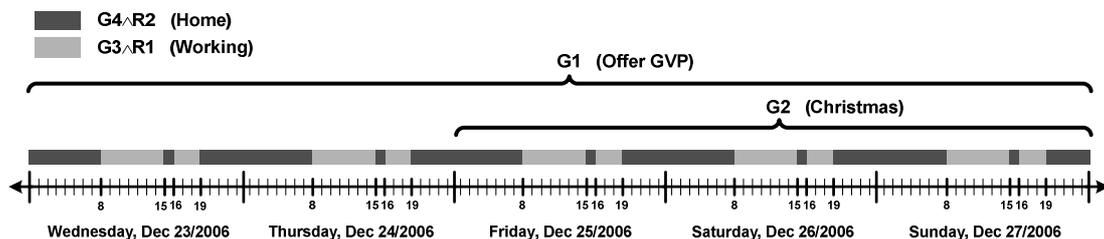


Figura 4. Condiciones de calidad vigentes del 23 al 27 de Diciembre en la oferta de la figura 3.

### 3. ASPECTOS DE IMPLEMENTACIÓN

En [1,2] se propone el uso de un resolutor de restricciones como elemento clave para implementar los algoritmos necesarios para determinar la consistencia y la conformidad de ofertas y demandas. La clave de dichos algoritmos reside en interpretar ofertas y demandas como problemas de satisfacción de restricciones (CSP, Constraint Satisfaction Problems), pues de este modo, los algoritmos necesarios para determinar la consistencia y la conformidad se hacen corresponder con operaciones básicas de cualquier resolutor de última generación. Nos referimos a la operación de determinar si un CSP es o no satisfactible para el caso de la consistencia y a la operación de determinar si un CSP implica a otro para el caso de la conformidad.

A continuación comentamos en qué medida se puede aplicar el esquema anterior para determinar la consistencia y la conformidad en los diferentes grados de consciencia temporal identificados.

### 3.1. Grado 1

En este caso, para determinar la consistencia de un documento de calidad basta con determinar la consistencia de sus condiciones, pues éstas permanecen invariables durante todo el período de vigencia. En cuanto a la conformidad, basta con determinar que las condiciones de la oferta son conformes a las de la demanda y que el período de vigencia de la oferta cubra el período de vigencia de la demanda. Esto último puede comprobarse con una simple comparación de los límites de los intervalos.

### 3.2. Grado 2

En este caso, el esquema a seguir es el mismo que en el grado 1, pues las condiciones permanecen invariables durante el período de vigencia. No obstante, determinar que el período de vigencia de la oferta cubre el período de vigencia de la demanda no es generalmente una operación tan simple como en el caso anterior, pues no se conoce a priori el número de intervalos que compone cada uno de los períodos ni se puede hacer ninguna suposición sobre posibles relaciones de orden entre los intervalos del período de vigencia de la oferta y de la demanda.

En términos de lógica de predicados, una oferta ( $w$ ) es conforme a una demanda ( $d$ ) si se satisface el siguiente predicado:

$$\forall t \in VP(d) \bullet t \in VP(w) \wedge conforme(w, d)$$

donde  $VP(d)$  y  $VP(w)$  son los períodos de vigencia de la demanda y oferta, respectivamente.

Hasta lo que nosotros sabemos, no existe ningún resolutor capaz de resolver el problema anterior. No obstante, dado que el predicado  $conforme(w, d)$  no depende del tiempo, bastaría con estudiar su satisfactibilidad una única vez y sólo restaría determinar la satisfactibilidad de  $\forall t \in VP(d) \bullet t \in VP(w)$ . Esta última puede determinarse a partir de un algoritmo *ad-hoc* bastante simple. Dicho algoritmo recorrería cada instante temporal del período de vigencia de la demanda y comprobaría que se encuentra en alguno de los períodos de la oferta, es decir, que es cubierto por la oferta. Si los períodos particulares de la oferta están ordenados, se puede utilizar una búsqueda dicotómica, de manera que la complejidad del algoritmo sea de orden logarítmico.

### 3.3. Grado 3

En este caso el esquema a seguir debe tener en cuenta la existencia de varios períodos particulares tanto en la oferta como en la demanda. Desde un punto de vista de la lógica de predicados, una oferta ( $w$ ) es conforme a una demanda ( $d$ ) si se satisface el siguiente predicado:

$$\forall t \in VP(d) \bullet t \in VP(w) \wedge conforme(w, d, t)$$

Nótese que, además de la cobertura del VP de la demanda, el predicado de conformidad sí depende del tiempo, puesto que las condiciones de calidad son variables. Ya hemos indicado anteriormente que no hay disponibles resolutores que resuelvan el problema anterior. En la literatura [23,24,25,26] se ofrecen diferentes propuestas para tratar esta limitación; en cualquier caso, la naturaleza del problema hace más recomendable diseñar un algoritmo *ad-hoc* inspirado en el operador de unión natural e intersección temporal propuesto por [27].

El algoritmo de unión temporal (UT) toma como entrada los periodos particulares de sendos documentos, para devolver una nueva secuencia de intervalos conexos que, ordenada temporalmente y sin solapamientos, contienen las condiciones de calidad vigentes en cada intervalo. La complejidad computacional es orden  $O(n \log n)$  siendo  $n$  el número de períodos de los documentos.

En la figura 5 se puede observar el resultado de aplicar dicho algoritmo a la oferta y demanda del ejemplo de la figura 2b. Nótese que sobre una línea temporal, disponemos todos los intervalos con las condiciones válidas de ambas partes en dicho intervalo.

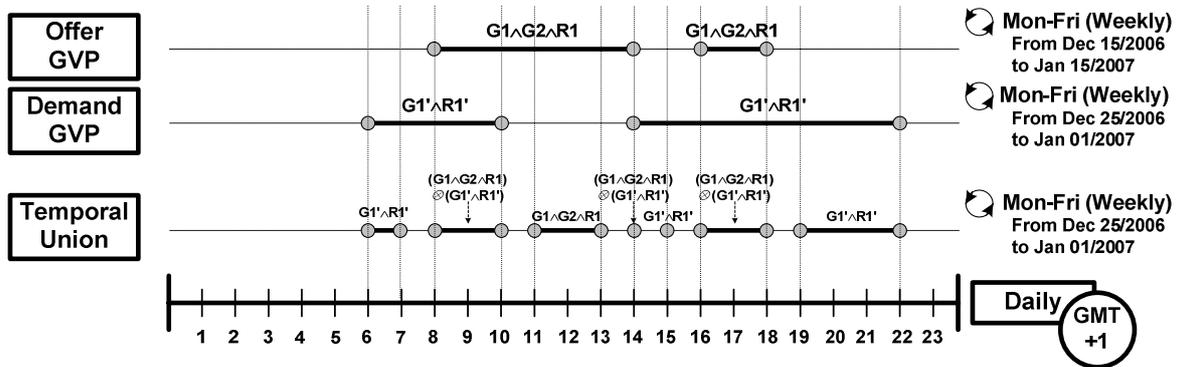


Figura 5. Resultado de la unión temporal de la oferta y demanda de la figura 2b.

En el caso de la consistencia, el algoritmo de UT permite obtener un documento equivalente en el que no hay solapamientos de los períodos particulares e identificar las condiciones de calidad válidas en ellos. El documento de calidad es consistente si todas las condiciones de calidad ligadas a los períodos del documento equivalente lo son.

Para la conformidad, el algoritmo de UT permite obtener la intersección entre ambos documentos de calidad y conocer las condiciones de calidad válidas en cada intervalo temporal de la intersección. Hay conformidad si las condiciones de calidad en cada intervalo son conformes y todos los intervalos donde las condiciones son conformes cubren el período de vigencia global de la demanda; para esto último aplicamos el algoritmo para comprobar la cobertura de la subsección 3.2.

Nótese que puede encontrarse que haya que comprobarse repetidamente la consistencia o conformidad de las mismas condiciones de calidad. Obviamente no debemos repetir operaciones cuyo resultado ya es conocido, por lo que deben etiquetarse las condiciones de calidad adjuntando el resultado de las operaciones realizadas.

#### 4. TRABAJO RELACIONADO

Presentamos un breve resumen de las propuestas actuales para un emparejamiento de servicios con CT agrupadas por el grado de expresividad temporal de cada una de ellas. En la figura 6 se muestra una tabla comparativa de los grados de expresividad temporal de las distintas propuestas estudiadas en este apartado.

Proposals	Authors/Groups	VP connected, Q invariable	VP unconnected nonperiodical, Q invariable	VP unconnected periodical, Q invariable	Q variable
		Grade 1	Grade 2a	Grade 2b	Grade 3
UDDI Extension	A. Shaikhali et al.	✗			
ebXMLCPP/A	OASIS	✗			
WS-QoS Ontology	M. Tian et al.	✗			
WSOL	V. Tosic et al.				✗
WS-Policy Constraint	Sun Microsystems				✗
WS-Agreement (WSDL, WSLA y SLO)	IBM H. Ludwig et al.	✗			✗
WSML	HP A. Sahai et al.	✗			✗
OWL+TIME	J. Hobbs et al.	✗	✗	✗	✗
Non-functional property models	O'Sullivan et al.	✗	✗	✗	✗

Figura 6. Grados de expresividad en las diferentes propuestas.

En primer lugar, con una expresividad temporal de grado 1, se encuentran una serie de propuestas de estándares relacionados con la descripción del servicio realizado por OASIS como son UDDI, en particular UDDI Extension [4]; y más recientemente ebXML, que es un conjunto de especificaciones de interacciones de comercio electrónico basadas en servicios, entre las que destaca ebXML CPP/A [5] que permite definir plantillas de

acuerdos de interacción entre dos organizaciones donde se especifica el tiempo de vida del acuerdo. Otra propuesta que ha sido considerada de grado 1 es WS-QoS Ontology de Min Tian et al. [6]; proponen un elemento “expires” que marca la caducidad de la descripción del servicio.

Se distingue un segundo grupo que sólo posee un grado 3 de expresividad temporal, en el que se incluye WSOL de Vladimir Tomic et al. [9] que permite LVP conexos y periódicos (sólo diarios) a las condiciones de calidad; y también WS-Policy Constraint de Sun Microsystems [10] que extiende el marco general de definición de políticas sobre un servicio propuesto en WS-Policy [11] por IBM. En WS-Policy Constraint se permiten expresar restricciones genéricas sobre las políticas. Esas restricciones pueden definir rangos temporales o incluso agrupar varias restricciones en un intervalo o un límite temporal común.

Como una evolución de SLA hacia un standard en desarrollo, Heiko Ludwig et al. proponen WS-Agreement [12], que está basado en los lenguajes WSDL y WSLA. Un servicio se especifica con WSDL, que permite incluir un instante final para el acuerdo, que se corresponde a un único período de vigencia conexo (grado 1); por otro lado, el lenguaje WSLA se utiliza para especificar objetivos de nivel de servicio (SLO) que permiten especificar un período particular de validez (grado 3).

Akhil Sahai et al. proponen el lenguaje WSML [13] para especificar la gestión y monitorización de servicios web, permite asignar un período de vigencia global al acuerdo completo (grado 1) y también intervalos periódicos a las condiciones particulares del acuerdo (grado 3).

Hobbs et al. proponen OWL+TIME [14, 15] que es un lenguaje de lógica descriptiva que podemos incluir en propuestas de emparejamiento de servicios basadas en la web semántica como OWL-S [17, 18] o bien [19, 20, 21, 22]. OWL-TIME permite definir un GVP conexo (grado 1) o inconexo (grado 2) y también LVP para las cláusulas de calidad (grado 3), pudiendo ser los intervalos temporales periódicos o no. Sin embargo, no hay disponibles razonadores de lógicas descriptivas capaces de razonar con toda la expresividad de este lenguaje.

Finalmente, Justin O'Sullivan et al. llevan a cabo una exhaustiva descripción de propiedades no funcionales de los servicios [16], donde se trata la temporalidad más en profundidad que en propuestas anteriores ya que contempla los intervalos de tiempo como entidades temporales que representan: intervalos de tiempo conexos (grado 1); intervalos de tiempo no conexos y no periódicos (grado 2a) o periódicos definidos a partir de los simples (grado 2b). Dichos intervalos pueden estar definidos sobre el servicio general o sobre ciertas condiciones de calidad (grado 3). Esta propuesta es meramente descriptiva, aunque propone el uso de ontologías temporales para tratar la consciencia temporal.

## 5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se han estudiado los grados de expresividad de CT, que nos proporciona un marco comparativo de las propuestas actuales que abordan la CT en sus trabajos. Se ha comprobado que, según el grado de expresividad, podemos reutilizar los algoritmos para comprobar la consistencia y conformidad sin CT [1,2] acompañados de algoritmos temporales para obtener las condiciones de calidad válidas en los períodos particulares y comprobar la cobertura del período de vigencia de la demanda en el caso de la conformidad. Llegamos a la conclusión de que, desde un punto de vista operativo, el grado 2 de expresividad es un caso particular del grado 3, por lo que puede resolverse utilizando los mismos algoritmos temporales, con la salvedad de que, al no variar las condiciones de calidad, la comprobación de la conformidad sólo debe hacerse una vez.

Aún quedan pendientes una serie de cuestiones: (1) estudiar los casos particulares en los extremos de los intervalos temporales de un VP periódico; (2) estudiar cómo afecta la variación en el tiempo de los criterios de preferencia para valorar los puntos de emparejamiento entre una oferta y una demanda; (3) el estudio de la temporalidad en el contexto de los servicios web compuestos; (4) la consideración de la controlabilidad de los valores que pueden tomar los atributos de calidad cuando se utiliza un servicio y su efecto en las tareas de emparejamiento; y por último (5) estudiar el emparejamiento de servicios desde el punto de vista de la valoración de la satisfacción de una oferta para una demanda mediante restricciones blandas. Estas tareas pendientes pueden hacer necesario el empleo de nuevas definiciones en la resolución de las tareas de emparejamiento.

## REFERENCIAS

- [1] O. Martín-Díaz, A. Ruiz-Cortés, A. Durán, D. Benavides and M. Toro, *1<sup>st</sup> Int. Conf. on Service-Oriented Computing (ICSOC)*. “Automating the Procurement of Web Services”, Trento, Italy, Springer Verlag, Vol 2910, pp 91-103 (2003).
- [2] A. Ruiz-Cortés, O. Martín-Díaz, A. Durán and M. Toro, “Improving the Automatic Procurement of Web Services using Constraint Programming”, *Int. Journal on Cooperative Information Systems*, Vol. 14, n 4 (2005).
- [3] O. Martín-Díaz, A. Ruiz-Cortés, A. Durán and C. Müller, *3rd International Conference on Service Oriented Computing (ICSOC)*, “An Approach to Temporal-Aware Procurement of Web Services”, LNCS 3826, pp 170-184 (2005).
- [4] A. Shaikhali, O. Rana, R. Al-Ali, D. Walker, “UDDIe: An Extended Registry for Web Services”, *Proc. IEEE International Workshop on Service Oriented Computing: Models, Architectures and Application at SAINT Conferences*, IEEE Press, 2003.
- [5] Collaboration-Protocol Profile and Agreement Specification Version 2.0, <http://www.ebxml.org> (2002).
- [6] M. Tian, A. Gramm, T. Naumowicz, H. Ritter, J. Schiller, “A Concept of QoS Integration in Web Services”, *Proc. IEEE International Web Services Quality Workshop at WISE*, Rome, 2003, pp. 149-155

- [7] P. Grefen, H. Ludwig, S. Angelov, “A Three-Level Framework for Process and Data Management of Complex E-Services”, *International Journal on Cooperative Information Systems*, 12(1), 2003, pp. 455-485
- [8] Y. Hoffner, S. Field, P. Grefen, H. Ludwig, “Contract-driven Creation and Operation of Virtual Enterprises”, *Computer Networks*, 37, 2001, pp. 111-136
- [9] V. Tomic, B. Pagurek, K. Patel, B. Esfandiari, W. Ma, “Management Applications of the Web Service Offering Language (WSOL)”, *Information Systems*, 30, 2005, pp. 564-586
- [10] A. Anderson, B. Devaraj. “XACML-Based Web Services Policy Constraint Language (WS-PolicyConstraints)”, [research.sun.com/projects/xacml/](http://research.sun.com/projects/xacml/)
- [11] IBM, “Web Services Policy Framework (WSPolicy)”, <http://www-128.ibm.com/developerworks/library/specification/ws-polfram/> (2006)
- [12] Heiko Ludwig et al. (IBM), “Web Services Agreement Specification (WS-Agreement)” (2005)
- [13] A. Sahai, V. Machiraju, M. Sayal, A. van Moorsel, F. Casati, “Automated SLA Monitoring for Web Services”, *Proc. 13<sup>th</sup> IFIP/IEEE Intl. Workshop on Distributed Systems: Operation and Management*, LNCS 2506, Montreal, 2002, pp. 28-41
- [14] J. Hobbs, J. Pustejovsky, “Annotating and Reasoning about Time and Events”, *Proc. AAAI Spring Symposium on Logical Formalization of Commonsense Reasoning*, Stanford, 2003
- [15] J. Hobbs, J. Pustejovsky, “An Ontology of Time for the Semantic Web”, *ACM Transactions on Asian Language Processing, Special Issue on Temporal Information Processing*, 3(1), 2004, pp. 66-85
- [16] Justin O’Sullivan et al. (BPM), “Formal description of non-functional service properties”, <http://www.bpm.fit.qut.edu.au/about/publications/technical.jsp>
- [17] F. Pang, J. Hobbs, “Time in OWL-S”, *Proc. AAAI Spring Symposium on Semantic Web Services*, Stanford, 2004, pp. 29-36
- [18] The OWL Services Coalition, *OWL-S: Semantic Markup for Web Services*, Research Report at DARPA <http://www.daml.org/services/owl-s/>, 2004
- [19] L. Li, I. Horrocks, “A Software Framework for Matchmaking based on Semantic Web”, *Proc. 12<sup>th</sup> ACM International Conference on World Wide Web*, Budapest, 2003, pp. 331-339
- [20] S. McIlraith, T. Son, H. Zeng, “Semantic Web Services”, *ACM Intelligent Systems, Special Issue on the Semantic Web*, 16(2), 2001, pp. 46-53
- [21] D. Trastour, C. Bartolini, J. González-Castillo, *A Semantic Web Approach to Service Description for Matchmaking of Services*, Research Report HPL-2001-183, HP Laboratories, 2001
- [22] J. González-Castillo, D. Trastour, C. Bartolini, *Description Logics for Matchmaking of Services*, Research Report HPL-2001-265, HP Laboratories, 2001
- [23] F. Benhamou, F. Goualard, E. Languéno, M. Christie, *Universally Quantified Constraint Solving*, Technical Report N° 00.5, Institut de Recherche en Informatique de Nantes, France, 2000.

- [24] I.P. Gent, P. Nightingale, A. Rowley, *Encoding Quantified CSP as Quantified Boolean Formulae*, Technical Report APES-79-2004, APES Research Group, 2004.
- [25] R. de Landtsheer, *Solving CSP including a Universal Quantification*, Proc. of the 2<sup>nd</sup>. International Conference on Multiparadigm Programming in Mozart/OZ, Vol. 3389 of Lecture Notes of Computer Science, pp. 200-210, Charleroi, Belgium, 2005.
- [26] N. Mamoulis, K. Stergiou, *Algorithms for Quantified Constraint Satisfaction Problems*, Technical Report APES-78-2004, APES Research Group, 2004.
- [27] M.H. Böhlen, R. Busatto, C.S. Jensen, *Point versus Interval-based Temporal Data Models*, Proc. of IEEE International Conference on Data Engineering, Orlando, FL, 1998, pp. 192-200.