

## Especificación formal de Escenarios a partir de ontologías temporales

Héctor J. Ruidías<sup>1</sup>, Edgardo Belloni<sup>1</sup>, María Laura Caliusco<sup>2</sup>, and María R. Galli<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería y Ciencias de la Producción, Universidad Gastón Dachary, Posadas, Argentina,

<sup>2</sup> CIDISI, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Argentina

<sup>3</sup> INGAR, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

hruidias,mcaliusc@frsf.utn.edu.ar, ebelloni@ugd.edu.ar,

mrgalli@santafe-conicet.gov.ar

<http://www.frsf.utn.edu.ar/cidisi/>

**Resumen** Los escenarios son artefactos de gran relevancia en la Ingeniería de Requerimientos ya que permiten documentar y analizar la dimensión dinámica de los sistemas de información describiendo tanto situaciones actuales como futuras. En el marco de un desarrollo guiado por modelos basados en ontologías, se propone aquí una ontología para Escenarios y para ello se señala la importancia de utilizar relaciones temporales cualitativas a partir de la extensión y reutilización de definiciones de ontologías de “alto nivel” (*upper level ontologies*)

**Keywords:** ontologías, escenarios, ontologías temporales

### 1. Introducción

La comprensión del *universo del discurso* (UdD) es una de las principales motivaciones detrás de la búsqueda y mejora de técnicas y estrategias que se desarrollan en el ámbito de la Ingeniería de Requerimientos [5][13]. De ahí que uno de los principales obstáculos para lograr dicha comprensión consista en la ambigüedad inherente al empleo del lenguaje natural. No obstante, esto último resulta en un elemento fundamental a la hora de lograr una buena comunicación con los distintos actores involucrados (*stakeholders*) cuando es necesario obtener cualquier tipo de información referida a los requerimientos del sistema.

Es así como en base a la documentación sobre el UdD eliciteda por los *ingenieros de requerimientos* se emplean, por una parte, técnicas que incluyen vocabulario controlado, glosarios, entre otras y, por otra parte, modelos de información [13], artefactos de requerimientos que permiten establecer relaciones entre atributos. El Léxico Extendido de Lenguaje (LEL) [14] puede contarse entre éstos, siendo un modelo que captura tanto los términos del UdD como así también sus relaciones. Sobre esta línea de trabajo se ha propuesto una ontología para el LEL que además de contemplar los aspectos estructurales del mismo contempla la verificación de integridad y consistencia a través de una

axiomatización y reglas de derivación [16] en el marco de un desarrollo guiado por modelos basado en ontologías[15].

Puesto que con el LEL se capturan relaciones entre términos en el UdD, configurando así una visión estática sobre el dominio, con los Escenarios se captura la dimensión dinámica del mismo, por lo que su uso se ha vuelto aún más relevante para el análisis de requerimientos al considerar el análisis de situaciones de interacciones ocurridas en el UdD.

El auge de la web semántica ha puesto de relieve a las ontologías como forma de representar conocimiento, presentándose a éstas como una “especificación formal y explícita de una conceptualización compartida” [8] . A partir de ahí se han empleado ontologías en distintos campos de aplicación y dominios, pero también se hizo evidente la necesidad de contar con ontologías más generalistas e independientes del dominio de aplicación, que ofrezcan una base sólida de categorías y definiciones como así también de un sustento formal acorde. Uno de los tópicos que ha despertado un enorme interés es aquél dedicado a lograr una adecuada representación del tiempo y, consecuentemente, se han desarrollado varias propuestas de acuerdo a necesidades particulares, ya sea ante la necesidad de ganar precisión o bien, por el contrario, para modelar relaciones temporales sobre las que se dispone escasa información.

## 2. Intervalos y relaciones temporales

Entre las teorías que dan cuenta del tiempo como categoría ontológica[6], se puede distinguir básicamente entre aquellas basadas en puntos temporales (point-based theory) y las teorías de intervalos de tiempo (interval-based theory). Un *punto temporal* o *instante* es un elemento temporal ubicado sobre una *línea temporal* y no posee *duración*. Por otra parte, los *intervalos* tienen duración y permiten, no sólo incluir puntos y otros intervalos, sino también superposiciones parciales de éstos últimos. Un intervalo puede ser entendido como un segmento de puntos totalmente ordenados ( $<$ ) entre dos puntos  $t_1$  y  $t_2$  tal que el conjunto de puntos queda definido de la siguiente manera  $\{t : t_1 \leq t \leq t_2\}$  .

En una definición más intuitiva y cercana al lenguaje natural, se ubica la postura de Allen [1] la cual señala que los puntos temporales “no se corresponde con nuestra comprensión intuitiva del tiempo”, y propone un álgebra de intervalos que consta de trece relaciones binarias, las que se muestran en la figura 1. Las relaciones son *igual*(equal), *antes*(before) y su inversa *después*(after), *tocado* (meets) y su inversa *tocado por*(met.by), *superpuesto*(overlaps) y su inversa *superpuesto por*(overlapped.by), *durante*(during) y su inversa *contiene*(contains), *comienza*(starts) y su inversa *comenzada por*(started.by) y *finaliza*(finishes) y su inversa *finalizada por*(finished.by). Tales relaciones permiten delimitar los intervalos de tiempo sin conocer el punto de comienzo o fin de éstos, empleando una de las trece relaciones *disjuntas* entre intervalos.

A sus vez se permite razonar a partir de un conjunto de relaciones, empleando operadores de intersección ( $\cap$ ), unión( $\cup$ ), complemento, recíproco, inclusión y composición (“restricciones” en la terminología de [1]). La operación de com-

posición (representada con un punto .), permite establecer las relaciones (un subconjunto de las trece relaciones) que son permitidas entre la ocurrencia de dos relaciones  $r_1$  y  $r_2$ , para las que existe una entrada en la *tabla de transiciones* ( $T(r_1, r_2)$ ), cuya salida es un conjunto de relaciones. Ésta operación resulta así fundamental para realizar inferencias y detectar inconsistencias entre las relaciones establecidas. Otra forma de analizarse las relaciones entre intervalos es a partir de un grafo dirigido de intervalos, donde los nodos representan los intervalos y los arcos o aristas representan relaciones entre intervalos; de esta forma se entiende que el razonamiento consiste en encontrar caminos (path) de consistencia, calculando nuevos arcos o verificando la consistencia de los ya establecidos, para lo que se aplica la siguiente fórmula:

$$\forall i_1, i_2, i_3 \quad R_s(i_1, i_3) \leftarrow R_i(i_1, i_3) \cap (R_j(i_1, i_2) \cdot R_k(i_2, i_3))$$

Este proceso itera hasta que se exploran todas las relaciones (o arcos existentes) o bien hasta dar con un conjunto vacío ( $\perp$ ), lo cual significa que el grafo es inconsistente (y por ende la ontología lo es). Si bien la resolución del Álgebra de Intervalos de Allen se considera de complejidad no polinomial, se han propuesto varios enfoques para lograr una resolución computacionalmente viable, ya sea empleando un subconjunto tratable de relaciones, también consideradas *subálgebras* [2] o bien, recurriendo a otro tipo de cálculos de aproximación, donde se sacrifica completitud en pos de lograr su tratabilidad[4].

	equal( $i_1, i_2$ ) =		during( $i_1, i_2$ ) d contains( $i_2, i_1$ ) di
	before( $i_1, i_2$ ) < after( $i_2, i_1$ ) >		starts( $i_1, i_2$ ) s started_by( $i_2, i_1$ ) si
	meets( $i_1, i_2$ ) m met_by( $i_2, i_1$ ) mi		finishes( $i_1, i_2$ ) f finished_by( $i_2, i_1$ ) fi
	overlaps( $i_1, i_2$ ) o overlapped_by( $i_2, i_1$ ) oi		

Figura 1. Las relaciones definidas en al teoría de Allen

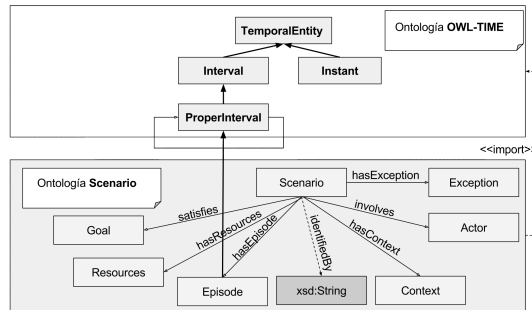
### 3. Ontología de escenarios

En conjunto con la ontología de LEL [16], se propone una ontología de escenarios, donde se toma como referencia el metamodelo presentado por Hadad en [14] y revisado en [9]. Un escenario cuenta con un *título* que lo identifica, involucra a un *actor*, requiere el acceso a ciertos *recursos* y de ciertas *condiciones iniciales*, que configuran un *contexto*, un Escenario se plantea ante todo para alcanzar un objetivo y por lo tanto las acciones (caracterizadas como episodios) se realizan con dicho fin.

La definición de la ontología *Scenario* incluye, por un lado, las clases que se definen a partir de los elementos de dicho metamodelo, y por otro, la integración con ontologías de alto nivel para poder realizar verificaciones a partir de razonamiento temporal sobre los *episodios*.

En la búsqueda de una ontología de alto nivel para integrar definiciones de índole temporal con la ontología desarrollada, se considera primero la naturaleza secuencial de los episodios a partir de una base de relaciones de precedencia entre éstos. Por otra parte se tiene en cuenta que los Escenarios presentan un componente narrativo muy dependiente del lenguaje natural, por lo que un enfoque estrictamente secuencial entre episodios puede limitar la libertad del analista al momento de elaborarlos.

Para la propuesta presentada en este artículo, aunque se consideran varias ontologías temporales[7][3][10], se opta por OWL-TIME[12], la cual resulta más conveniente por sus clases y propiedades (relaciones) acordes a la terminología de Allen. En la figura 2 se muestra un recorte de la ontología OWL-TIME relevante para la propuesta.



**Figura 2.** Ontología de Escenario y extensión de la clase Episode como subclase de ProperInterval

### 3.1. Razonamiento con episodios

Atendiendo a la necesidad de mantener la decidibilidad en la ontología de escenarios desarrollada, se adopta una propuesta que consiste en una subálgebra de Allen [2] con tres relaciones ( $> \leq =$ ), tal como puede verse en la tabla 1, lo que reduce la tabla original de  $13^2$  entradas a una de sólo nueve ( $3^2$ ).

$R_j . R_k$	<	=	>
<	<	<	<, =, >
=	<	=	>
>	<, =, >	>	>

**Tabla 1.** Tabla de transición para la operación de composición con la nueva combinación de relaciones ( $> \leq =$ )

En la ontología de escenarios se emplea dicha tabla para escribir las reglas que permitan calcular las relaciones resultantes de la composición entre dos relaciones. Así por ejemplo para  $R_j = \{<\}$  y para  $R_k = \{=\}$ , el motor de inferencia deberá agregar(assert)  $R_z = \{<\}$ . Al escribir la regla SWRL empleando las relaciones OWL-TIME, lo antes indicado se escribe de la siguiente manera:

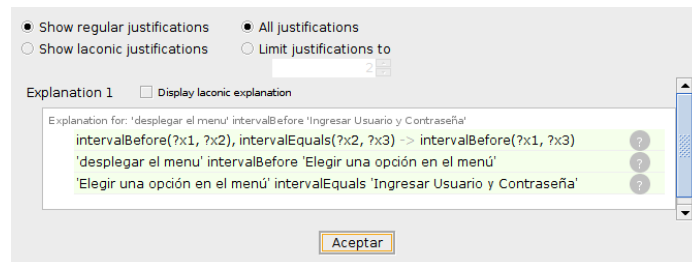
$$\text{intervalBefore}(?x1, ?x2) \wedge \text{intervalEqual}(?x2, ?x3) \rightarrow \text{intervalBefore}(?x1, ?x3)$$

Para verificar la consistencia de todas las relaciones establecidas se emplea la fórmula de la intersección respecto a la composición utilizada para la verificación de caminos de consistencia. Las reglas adoptan así la siguiente forma:

$$R_z(i_1, i_2) \wedge R_i(i_1, i_2) \rightarrow R_s(i_1, i_2)$$

La regla genérica  $R_z$  corresponde a una de las entradas de la tabla 1 y como resultado de la intersección con  $R_i$  se implica la relación  $R_s$ , que puede adoptar uno de los valores de  $<, =, >$ , o bien, ser un conjunto vacío ( $\perp$ ), lo cual ocasionaría que la ontología sea inconsistente.

A modo ilustrativo se presenta una captura del razonamiento efectuado por el motor de inferencia Pellet incluido en Protégé en la figura 3, donde se cuentan con tres episodios de ejemplo  $e_1$  (“Ingresar Usuario y Contraseña”),  $e_2$  (“Elegir una opción en el menú”) y  $e_3$  (“Desplegar el menú”), y las relaciones que se establecen explícitamente son  $e_1 < e_2$  y  $e_2 = e_3$ , luego como puede verse en el motor de explicación, se deduce la relación  $e_1 < e_3$ .



**Figura 3.** Explicación de la inferencia efectuada por Pellet

#### 4. Discusión y desarrollos futuros

En este trabajo se ha presentado una ontología básica para escenarios con axiomas y reglas SWRL para realizar inferencias a partir de relaciones temporales de un subconjunto del Álgebra de Allen, pero que, en esencia, mantiene las características de verificación de consistencia, a la vez que se garantiza su decidibilidad. También se aprovechó las definiciones de una OWL-Time que

implementa las trece relaciones del álgebra mencionada, definiendo la ontología como una extensión de dicha ontología de alto nivel. Se considera lo presentado aquí como un adelanto de una propuesta más completa, donde se permitirá relacionar recursos y actores, instancias de Resource y Actor respectivamente, a cada episodio a través de diferentes modelos de reificación a saber , relaciones n-arias[11] 4D fluents[17], dotando así a los Escenarios de una mayor expresividad a la vez que se busca asegurar la computabilidad de los mismos.

## Referencias

1. Allen, J.F.: Maintaining Knowledge About Temporal Intervals. *Commun. ACM* 26(11), 832–843 (Nov 1983)
2. Batsakis, S., Stravoskoufos, K., Petrakis, E.G.: Temporal reasoning for supporting temporal queries in OWL 2.0. In: *Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems*, pp. 558–567. Springer (2011)
3. Baumann, R., Loebe, F., Herre, H.: Ontology of time in GFO. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications* 239 (2012)
4. Beek, P., Cohen, R.: Exact and approximate reasoning about temporal relations. *Computational intelligence* 6(3), 132–144 (1990)
5. Doorn, J.H., Hadad, G.D.S., Kaplan, G.N.: Comprendiendo el universo de discurso futuro con escenarios. In: *Anais do WER02 - Workshop em Engenharia de Requisitos*, Valencia, Espanha, Novembro 11-12, 2002. pp. 117–131 (2002)
6. Ermolayev, V., Batsakis, S., Keberle, N., Tatarintseva, O., Antoniou, G.: Ontologies of time: review and trends 11(3), 57–115 (2014)
7. Gangemi, A., Guarino, N., Masolo, C., Oltramari, A., Schneider, L.: Sweetening ontologies with dolce. In: *Knowledge engineering and knowledge management: Ontologies and the semantic Web*, pp. 166–181. Springer (2002)
8. Gruber, T.R.: A translation approach to portable ontology specifications. *Knowl. Acquis.* 5, 199–220 (Jun 1993)
9. Hadad, G.D.S., Doorn, J.H., Kaplan, G.N.: Explicitar Requisitos del Software usando Escenarios. In: *Anais do WER09 - Workshop em Engenharia de Requisitos*, Valparaíso, Chile, Julho 16-17, 2009 (2009)
10. Niles, I., Pease, A.: Towards a Standard Upper Ontology. In: *Proceedings of the International Conference on Formal Ontology in Information Systems - Volume 2001*. pp. 2–9. FOIS '01, ACM, New York, NY, USA (2001)
11. Noy, N., Rector, A.: Defining N-ary Relations on the Semantic Web. Tech. rep., W3C Working Group (2006), <http://www.w3.org/TR/swbp-n-aryRelations/>
12. Pan, F.: Temporal aggregates for Web services on the semantic Web. *IEEE* (Jul 2005)
13. Pohl, K.: *Requirements Engineering: Fundamentals, Principles, and Techniques*. Springer (Jul 2010)
14. do Prado Leite, J.C.S., Hadad, G.D.S., Doorn, J.H., Kaplan, G.N.: A scenario construction process. *Requirements Engineering* 5(1), 38–61 (2000)
15. Ruidías, H.J., Caliusco, M.L., Galli, M.R.: Towards the integration of ontologies in the context of MDA at CIM level (Oct 2012), workshop Ingeniería de software (WIS)
16. Ruidías, H.J., Caliusco, M.L., Galli, M.R.: *Construcción basada en ontologías del Léxico Extendido del Lenguaje* (2014)
17. Welty, C., Fikes, R., Makarios, S.: A reusable ontology for fluents in owl. In: *FOIS*. vol. 150, pp. 226–236 (2006)