

LENGUAJES ESPECÍFICOS DE DOMINIO (DSL) PARA LA MODELACIÓN DE ECOSISTEMAS NATURALES

Urciuolo Adriana, Gel Matías, Iturraspe Rodolfo, Moyano Ezequiel, Villarreal Martín
Instituto de Desarrollo Económico e Innovación, UNTDF

Dir.: Onas 450, (9410) Ushuaia. Tierra del Fuego. Tel: ++54-2901-443533
aurciuolo@untdf.edu.ar, mgel@untdf.edu.ar, riturraspe@untdf.edu.ar, emoyano@untdf.edu.ar,
mwillarreal@untdf.edu.ar

Resumen

Las aplicaciones de Modelación y Simulación Ambiental (MSA) presentan características comunes, tales como la complejidad, el modelado multidisciplinario y el reuso de modelos en diferentes contextos.

El software del dominio no cuenta con herramientas adecuadas para facilitar integración, reuso y manejo de la complejidad en un nivel de abstracción apropiado. El modelado específico del dominio (DSM) propone elevar el nivel de abstracción, expresando las soluciones directamente en términos del dominio. Es muy conveniente para sistemas complejos y para desarrollo de modelos flexibles y reusables en dominios acotados.

En esta línea de investigación se propone el estudio y desarrollo de DSLs para familias de aplicaciones en el dominio MSA, definidas mediante un enfoque de reuso sistemático de software, con facilidades para integración de modelos multidisciplinarios.

Se presentan los estudios realizados en la primera etapa de la línea de investigación, durante la cual se analizaron los requerimientos clave del desarrollo de DSLs, evaluando la factibilidad y conveniencia de su utilización en el dominio MSA. Como caso de estudio se utilizó una familia de aplicaciones, acotando la misma a la modelación de glaciología, para la cual se desarrolló un ambiente integrado DSM conformado por un DSL y un Framework específico de dominio.

Palabras clave: reuso, lenguaje específico, dominio, familia aplicaciones

Contexto

La línea de investigación dio comienzo en el año 2013 y se desarrolla en el Instituto de Desarrollo Económico e Innovación (IDEI) de la UNTDF, por parte de un equipo de docentes-investigadores que lleva adelante proyectos en la temática de Sistemas de Información Ambiental – Hidroinformática (acreditados por la UNPSJB previamente a la creación de la UNTDF) desde el año 2001. Actualmente esta línea se enmarca en el Proyecto “Red para la conservación de Ecosistemas fluviales de Patagonia” - CONICET (Feb/2013-Feb/2018) que es coordinado por el CENPAT-CONICET, con nodos en Chubut, Neuquén y Tierra del Fuego (TDF). La coordinación del Nodo TDF se realiza desde la UNTDF. El Proyecto se lleva adelante con un enfoque multidisciplinario por parte de organismos de investigación y gestión en la Patagonia y consta de diversos componentes. El grupo responsable de la presente línea de investigación desarrolla sus actividades en el Nodo TDF de la Red Ecofluvial, en los siguientes componentes del Proyecto: Sistema integrado de información de cuencas y Modelado de ecosistemas en cuencas patagónicas.

Introducción

Los modelos ambientales son abstracciones científicas de la naturaleza y de su comportamiento que proveen medios de extrapolación cuantitativa y predicción de fenómenos naturales a partir de variables físicas y parámetros. El Software de modelado y simulación ambiental (MSA) permite normalmente utilizar dichas abstracciones para la simulación de procesos físicos, optimización y soporte de decisión [2]. Se incluyen en el dominio aplicaciones de modelos climáticos, hidrológicos, etc. (por ej. modelos de transformación lluvia-caudal), de calidad de aguas, etc [12]. Se reconoce en el dominio la necesidad del reuso de modelos en diferentes contextos [11] y la integración de modelos de distintas disciplinas [10]. El software debe dar soporte al manejo de cuestiones vinculadas a las propiedades “heredadas” del mundo físico. Uno de los requerimientos básicos del mismo es el manejo de la complejidad [7], propia de la información ambiental (espacio-temporalidad) y de la definición de escenarios de simulación contemplando diferentes procesos naturales y métodos. El término “complejidad” se usa con distintos significados [7], pero en general se reconoce que sistemas complejos son aquellos con muchos componentes y un gran número de interconexiones en diferentes combinaciones. Algunas de las limitaciones del software de MSA para abordar tales cuestiones provienen de las herramientas utilizadas para su desarrollo y en particular, del uso de lenguajes de propósito general, los cuales resultan complejos de utilizar en un dominio de estas características. Además de las dificultades en la representación de información, la falta de modelos específicos del dominio limita la reusabilidad del software. Los modelos ambientales se construyen así desde el inicio en una variedad de configuraciones diferentes y aisladas en cada área de estudio, con dificultad para su integración. Tampoco cuentan los expertos con facilidades para

trabajar en un nivel de abstracción apropiado. Se afirma que el modelado ambiental está atrapado por herramientas que no se adaptan a sus requerimientos [2].

El modelado de software con herramientas para la definición de los conceptos específicos del dominio es muy conveniente para sistemas complejos y para el desarrollo de modelos ambientales flexibles y reusables. Un lenguaje específico de dominio (DSL) es aquel dedicado a un problema particular de dominio, un enfoque de representación particular y/o una técnica particular de solución [8]. Los DSL permiten elevar el nivel de abstracción mediante la especificación de programas usando directamente los conceptos del dominio. En combinación con generadores de código [9] y frameworks de dominio, permiten pasar de especificaciones de muy alto nivel a código ejecutable, aumentando reusabilidad.

Numerosas líneas de investigación analizan en la actualidad el problema de la complejidad de las aplicaciones ambientales, abordando la cuestión del reuso y DSM [13]. No obstante, son escasos los DSL para ecosistemas naturales desarrollados bajo el objetivo de reuso sistemático [1] que definen en forma integral todos los recursos centrales de una familia de aplicaciones.

El objetivo general de la línea de investigación es contribuir al desarrollo de DSLs que permitan incrementar productividad y reuso en familias de aplicaciones MSA y elevar el nivel de abstracción que se utiliza en el dominio [12]. En el presente trabajo se muestran los avances realizados, especialmente en lo referido al desarrollo de DSLs para una familia de aplicaciones del Dominio MSA. Se analiza además la viabilidad de una solución DSM considerando el beneficio devuelto durante su uso, a través de su aplicación a casos de estudio concretos

Temas de Investigación y Desarrollo

La línea de investigación general se enfoca en el estudio y desarrollo de un ambiente DSM

para familias de aplicaciones MSA. Al analizar la viabilidad de una solución DSM se debe considerar el beneficio devuelto durante su uso. Por ello y considerando la variabilidad del dominio, la primera etapa del estudio se enfoca en una familia particular de modelos hidrológicos: las aplicaciones de glaciología, temática vinculada a un proyecto multidisciplinario (UNPSJB) sobre glaciología e hidroinformática donde participó el grupo de trabajo. Se describen los temas de investigación del equipo durante el primer año del proyecto:

1) Reuso sistemático de software

En este aspecto [3] se incluyen temas correspondientes a la definición de familias de productos: variabilidad, requerimientos y análisis arquitectural de dominio, frameworks. La gran dispersión de modelos ambientales existentes puede disminuir la utilidad del DSL y las posibilidades de reuso en el dominio MSA. De allí la importancia de definir *familias de aplicaciones* con un enfoque de reuso sistemático. En este tipo de marco es posible modelar familias que comparten características comunes, maximizando los beneficios de DSM [6]. Los productos obtenidos de cada una de ellas pueden variar en su configuración física, comportamiento, etc., pero comparten un lenguaje para representar sus abstracciones clave y facilitar la integración.

2) Ambientes integrados DSM

Los temas de estudio en este aspecto, corresponden a: enfoques para el desarrollo de lenguajes y frameworks específicos de dominio [9], acotados en primera instancia a la representación y publicación de información en una familia de aplicaciones.

En soluciones DSM, los conceptos del dominio son expresados en forma directa en modelos, a partir de los cuales se genera el código de aplicación sin necesidad de mapeo alguno. En este aspecto, se estudiaron las posibilidades de generación de código

El desarrollo de una plataforma DSM requiere una considerable inversión de tiempo y esfuerzo. Por ello se evaluaron distintos

entornos especializados disponibles para desarrollar los lenguajes y generadores específicos de la solución DSM (“Language Workbenches” s/Fowler, [4])

Metodología

En el primer año se trabajó en el desarrollo de un lenguaje específico para una familia particular de aplicaciones concretas del dominio, las que modelan procesos de glaciología (por ej., el balance de masa). Para alcanzar su objetivo, una solución DSM debe focalizarse en un dominio acotado. De allí la conveniencia de definir una familia con su propio DSL para trabajar en una fase posterior sobre los aspectos comunes a MSA que faciliten el acoplamiento de modelos de distintas familias.

Se desarrolló un ambiente de trabajo integrado y un lenguaje acotado a la representación de información, presentación de resultados y al cálculo de los principales procesos físicos. El problema de DSL para simulación de procesos naturales corresponde a la próxima etapa.

La plataforma DSM generada se validó mediante su implementación en dos casos de estudio: Glaciar Martial Este y Vinciguerra.

Los componentes de trabajo en la etapa fueron:

1) Análisis del dominio y de la familia de aplicaciones a modelar

Se trabajó con expertos del dominio para obtener el conocimiento necesario acerca de las aplicaciones y para evaluar la conveniencia del uso de DSM. Se describen las actividades realizadas en este componente:

- Estudio de modelos y frameworks para aplicaciones MSA existentes
- Definición de la familia de aplicaciones a modelar con los expertos
- Desarrollo de un Modelo del dominio de aplicaciones de modelación de procesos glaciares. En particular se analizaron metodologías para la recopilación de datos, tratamiento y publicación de la información.

- Estudio de técnicas de desarrollo de aplicaciones orientadas a servicios para la toma y publicación de datos

2) Definición e implementación del DSL.

Hay distintos enfoques para la construcción de un DSL, pero el basado en la construcción de meta-modelos resulta muy adecuado para trabajar por familias de aplicaciones y acoplamiento de modelos. Para su definición se trabajó en los siguientes aspectos:

1. Estudio de los diferentes lenguajes y herramientas de interés para el desarrollo de la herramienta DSM.
 2. Definición de sintaxis abstracta y concreta: El lenguaje se formaliza con un meta-modelo que define su sintaxis abstracta. Todos los posibles modelos que se puedan crear con el lenguaje son instancias de este meta-modelo. Sobre él se define una o más sintaxis concretas con las cuales el experto del dominio interactúa. De allí que se analizaron distintas posibilidades para la definición de sintaxis concreta en DSLs. Se estudiaron herramientas, teniendo en cuenta la conveniencia de usar notaciones gráficas para la construcción de modelos.
 3. Generación de código: Se analizaron diferentes enfoques y herramientas para la construcción de estos generadores. Se optó por la transformación modelo-texto utilizando Aceleo 3 y OCL.
 4. Framework específico de dominio: en DSM el framework se usa como interface entre la plataforma objeto y el generador de código. En su desarrollo se aplicaron los mismos principios y técnicas de ingeniería de software que para frameworks en general.
1. Validación del Framework mediante la implementación del DSL para el proceso "Balance de masa", en dos casos de estudio preparados con expertos del dominio.

Resultados

Durante el primer año del proyecto se han obtenido los siguientes resultados parciales:

Modelo de dominio para aplicaciones de modelación de procesos glaciares (dominio de modelos hidrológicos) [5].

Entorno DSM comprendiendo:

1) Un DSL para la representación de información en glaciología. Incluye una sintaxis abstracta descripta utilizando herramientas de Eclipse Modeling Framework (EMF): Ecore y una Sintaxis concreta (gráfica) descripta mediante la herramienta Obeo Designer [5]. La Fig 1 muestra algunos elementos como ejemplo.

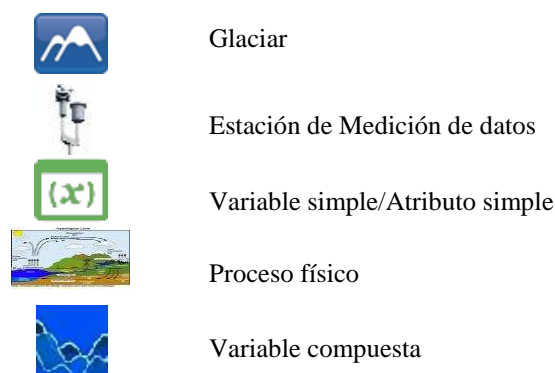


Fig. 1. Elementos de la Sintaxis concreta

2) Generador de código: la herramienta contiene dos generadores, uno de Servidor, que genera la aplicación principal que incluye la persistencia y un generador de web Cliente.

3) Framework de dominio: incluye un framework java servidor donde se realiza la lógica principal del negocio con una interface de servicios bien definida y otro framework coffescript cliente donde se ejecutan las interacciones con el usuario [5].

Implementación de casos de estudio, glaciares de Tierra del Fuego Vinciguerra y Martial utilizando el DSL y el Framework obtenidos.

La Fig. 2 muestra el Modelo asociado a la región de Ushuaia, donde se han cargado los glaciares mencionados, sus estaciones de medición y las variables de la investigación correspondientes a cada estación.

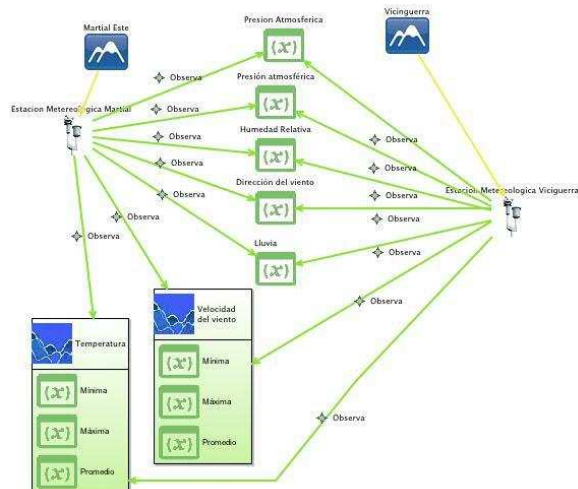


Fig. 2. Vista parcial Modelo de Glaciares-Variables

Para ambos glaciares se modela el proceso “Balance de masa” con el DSL, el cual contiene una notación especial para el cálculo de balance de masa de un glaciar (Fig. 3)

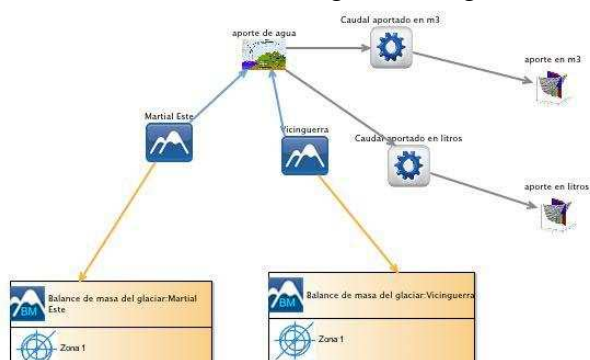


Fig. 3. Vista parcial Modelo de Balance de masa

Los resultados mencionados aportan al desarrollo de ambientes DSM para el dominio de aplicaciones MSA.

Formación de Recursos Humanos

En esta línea de investigación se desarrolló la tesina de grado de Lic. en Informática “DSM para aplicaciones de Glaciología” [5] y se están formulando las propuestas para dos tesis de posgrado (Magister en Ing. de Software – UNLP). Hay una tesis en desarrollo de Doctorado en Cs. Informáticas (UNLP) s/ Componentes de Dominio para aplicaciones ambientales. El grupo es multidisciplinario, con investigadores en reuso de software-DSM y expertos del dominio (hidrólogos).

Referencias

[1] Fall A. and Fall J. A domain-specific language for models of landscape dynamics. *Ecological Modelling*, 141, (1–3), 1 July 2001, 1-18

[2] Athanasiadis I., Villa F. A roadmap to domain specific programming languages for environmental modeling. ACM, New York, 27-32, 2013

[3] Clements P. and Northrop. *Software Product Lines: Practices and Patterns*. Addison-Wesley, 2001

[4] Fowler M. *Domain-Specific Languages – USA* - Addison-Wesley Professional - 2011.

[5] Gel M. *Modelado específico del dominio para aplicaciones de glaciología*. Tesina de grado Lic. en Informática, UNPSJB Sede Ushuaia, 2013

[6] Ilker Altintas N., Cetin S., Dogru A et al, "Modeling Product Line Software Assets Using Domain-Specific Kits," *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 38, no. 6, 1376-1402, Nov.-Dec., 2012.

[7] Sonnessa M., "Modeling and Simulation of complex systems", PhD Thesis, "Cultura e impresa", University of Torino, Italy, 2004

[8] Olaf D., Lloyd W., Ascough J., Green T & others. *Domain Specific Languages for Modeling and Simulation: Use Case OMS3*. (IEMSs). Proc. Int. Congress of Environmental Modeling and Software. Leipzig, Germany. Seppelt & others Eds., 2012

[9] Steven K. y Juha-Pekka, Tolvanen - *Domain-Specific Modeling Enabling Full Code Generation* - IEEE Computer Society / John Wiley & Sons – 2008.

[10] Theisselmann F., Kühnlenz F., Krüger C., Fischer J., Lakes T. *How to reuse and modify an existing land use change model? Exploring the benefits of language-centered tool support*. In: EnviroInfo 2010: Integration of Environmental Information in Europe. Greve K., Cremers A. (Eds.), Shaker, 678-688, Germany, 2010.

[11] Theisselmann F., Dransch D., Fischer J., *Model-Driven Development of Environmental Modeling Languages and Model Coupling*. EnviroInfo 2009 (Berlín). Env. Informatics and Industrial Env. Protection Concepts, Methods and Tools. Shaker Verlag. 2009

[12] Urciuolo A., Iturraspe R., Moyano E., Gel M., *Modelado Específico de Dominio para una familia de aplicaciones de Software de Modelación de Ecosistemas Naturales*. Ed. UADER. WICC 2013, Pp 480-485.

[13] Wegeler T., Friederike G., *Evaluating the benefits of using Domain-Specific Languages—an experience report*. Proc. of the 2013 ACM workshop on Domain-specific modeling. New York. 7-12. 2013