Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Departamento de Computación

Tesis presentada para optar al título de
Licenciado en Ciencias de la Computación

Anton Galitch

Director:

Codirector:

Buenos Aires, 2014

Resumen

tes etst set set set set s

Palabras claves: test

Resumen

tes etst set set set set s hace falta esto?

Keywords: test

Índice general

1.. Introducción 1
1.1. Motivación 1
1.2. Objetivos Especificos 1
1.2.1. Extensión de Heterogenius 1
1.2.2. True Heterogeneity 1
1.2.3. Ampliación del árbol de análisis 1

2.. Preliminares 3

3.. Aportes 5
3.1. Extendiendo Heterogenius con Herramientas de Lógica de Primer Orden . . 5
3.1.1. Herramientas Usadas 5
3.1.2. Cálculo de secuentes 6
3.1.3. Búsqueda de contraejemplos 6
3.1.4. Integración con Heterogenius 6
3.2. Extensión del concepto de heterogeneidad 7
3.2.1. Operaciones para el manejo de fórmulas 7
3.2.2. Extensión de las traducciones Rho 8
3.3. Expansión del concepto de árbol de análisis 9
3.3.1. Caminos alternativos en una demostración 9

4.. Caso de Estudio 11

5.. Conclusiones y Trabajos Futuros 13

6.. Referencias 15

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación

Analisis de software.
Heterogeneidad.
Tool support: lightweight y heavyweight.
Usabilidad e interfaces.

1.2. Objetivos Especificos

1.2.1. Extensión de Heterogenius

El lenguaje de lógica de primer orden TPTP-FOF, al ser muy difundido en la comunidad de investigadores de demostradores automáticos de teoremas es soportado por numerosas herramientas. Entre ellas EProver y SPASS, demostradores automáticos de teoremas; EProver y Mace4, buscadores de modelos.

Para permitir el uso de todas éstas herramientas y otras, se decidió integrar TPTP-FOF con Heterogenius mediante la implementación de una $\rho-$translation desde el lenguaje $PDOCFA$.

1.2.2. True Heterogeneity

Heterogenius en su primera versión permitió realizar demostraciones heterogeneas mediante traducciones de secuentes. Cada secuente tenía fórmulas de un mismo lenguaje haciendo que los secuentes sean en realidad homogeneos.

Se decidió ampliar el concepto de heterogeneidad expandiendolo también a los secuentes. De esta forma s peermitió tener mayor flexibilidad en las demostraciones al poder soportar fórmulas de distintos lenguajes en el mismo secuente.

1.2.3. Ampliación del árbol de análisis

Con el objetivo de permitir documentar todo el proceso de demostración (caminos alternativos tomados, decisiones que no produjeron ningún resultado exitoso, etc), se decidió ampliar el concepto de árbol de analisis. Para ésto se incluyó un nuevo tipo de ramificación, que permite soportar ramas de demostraciones alternativas y ramas de decisiones no exitosas.

[TODO: tal vez algun grafico mostrando las diferentes ramas.]

2. PRELIMINARES

3. APORTES

3.1. Extendiendo Heterogenius con Herramientas de Lógica de Primer Orden

Existen numerosas herramientas que funcionan con el lenguaje de lógica de primer orden *TPTP-FOF*. Para permitir la integración de estas herramientas con Heterogenius y abrir el camino para la interacción con las futuras tecnologias basadas en éste lenguaje, se agregó *TPTP-FOF* al motor de Heterogenius como un lenguaje de análisis.

Junto a la integración de *TPTP-FOF*, se incorporaron los siguientes mecanismos para poder usar las herramientas correspondientes:

- Se permitió la carga de especificaciones escritas puramente en *TPTP-FOF* mediante la adaptación del *TPTP-Parser* [TODO: citar a Andrei Tchaltsev ¡tchaltsev AT itc.it¿ and Alexandre Riazanov ¡alexandre.riazanov AT gmail.com¿.]

- Se agregó una $\rho-$translation desde las formulas *PDOCFA* a *TPTP-FOF*. [TODO: referenciar la seccion que explica esto en detalle].

Teniendo el soporte de *TPTP-FOF* por parte del motor de cálculo de secuentes de Heterogenius, integramos algunas de las herramientas mas difundidas en el ámbito de demostradores automáticos de teoremas para el lenguaje *TPTP-FOF*: *E-Prover* y *SPASS* como calculadores de secuentes; *E-Prover* y *Mace4* como buscadores de contraejemplos.

3.1.1. Herramientas Usadas

//TODO: revisar todo esto y explicar con mas detalle:

E-Prover

Es un demostrador automático de teoremas de lógica de primer orden basado en el calculo por superposición. Además realiza búsquedas de modelos por lo cual también se usa como un buscador de contraejemplos.

SPASS

Es un demostrador automático de teoremas de lógica de primer orden con igualdad desarrollado por el Instituto Max Planck.

Desde el 2000, tanto *SPASS* como *E-Prover* ocupan los primeros lugares en la competencia anual de demostradores de teoremas *CASC* (CADE ATP System Competition).

Mace4

Es un buscador de modelos finitos y contraejemplos para lógica de primer orden.

3.1.2. Cálculo de secuentes

TODO: ver como escribir bien esta parte:
Sea Σ la especificación y

$$\frac{\alpha_1,\ldots,\alpha_n}{\beta_1,\ldots,\beta_m}$$

el secuente que se quiere analizar.
Se arma una nueva fórmula $\varphi : \bigwedge_{i=1}^{n} \alpha_i \Rightarrow \bigvee_{j=1}^{m} \beta_j$.
Se aplica un demostrador automático para ver si $\Sigma \vdash \varphi$.
Dos reglas de calculo:

$$\frac{\Sigma \vdash \varphi}{true} \text{ (si vale)}$$

$$\frac{\Sigma \nvdash \varphi}{false} \text{ (si no vale)}$$

TODO: otra posibilidad es que tire timeout. Hay que tener una regla para esto???

3.1.3. Búsqueda de contraejemplos

Tanto *Mace4* como *E-Prover* se usan para buscar contraejemplos de los secuentes *TPTP-FOF*. Como las dos herramientas son buscadores de modelos, lo que se hace es armar una teoria tomando en cuenta la especificación y el secuente que se quiere analizar.
Sea Σ la especificación y

$$\frac{\alpha_1,\ldots,\alpha_n}{\beta_1,\ldots,\beta_m}$$

el secuente que se quiere analizar.
Se arma una nueva teoría Γ tal que:

- $\varphi \in \Gamma$ si $\varphi \in \Sigma$.
- $\gamma \in \Gamma$
  con $\gamma : \bigwedge_{i=1}^{n} \alpha_i \wedge \bigwedge_{j=1}^{m} \neg\beta_j$

Luego se realiza una búsqueda de un modelo para la teoría construida Γ. En caso de encontrar un modelo que satisfaga la teoría Γ se termina la busqueda y se reporta que existe por lo menos un contraejemplo para el secuente procesado.

3.1.4. Integración con Heterogenius

TODO: explicar la arq. TODO: agregar algun diagrama.

3.2. Extensión del concepto de heterogeneidad

Otro de los objetivos fue extender el concepto de heterogeneidad para lograr tener demostraciones verdaderamente heterogeneas en lugar de demostraciones homogeneas en un árbol de análisis heterogeneo.

La diferencia principal radica en que con la implementación actual los secuentes pueden soportar fórmulas de diferentes lenguajes. Así un secuente puede ser de tipo homogeneo o heterogeneo. En el primer caso todas las fórmulas del secuente usan el mismo lenguaje; en el segundo las fórmulasson de lenguajes distintos.

La ventaja de los secuentes heterogeneos es que se puede combinar fórmulas (lemmas, propiedades, teoremas) provenientes de distintas especificaciones escritas en lenguajes diferentes. De éste fórma nos podemos abstraer del lenguaje en el que están escritas las fórmulas y concentrarnos en el análisis.

La principal limitación de los secuentes heterogeneos es que las herramientas (calculadores de secuentes, buscadores de contraejemplos, demostradores automáticos) trabajan con secuentes escritos en un solo lenguaje, o sea secuentes homogeneos. Debido a ésto se proveen nuevas operaciones para el manejo de fórmulas dentro de un secuente:

3.2.1. Operaciones para el manejo de fórmulas

Cada una de las siguientes operaciones puede cambiar o no la heterogeneidad de un secuente. Dependiendo de los lenguajes de las fórmulas del resultado, el secuente puede pasar a ser heterogeneo, homogeneo o mantener su tipo.

Proyección

Dado un secuente, se selecciona un subconjunto de las fórmulas que se quieren proyectar y el nuevo secuente se forma a partir de las fórmulas seleccionadas.

Dado un secuente S

$$\frac{\alpha_1,\ldots,\alpha_n}{\alpha_{n+1},\ldots,\alpha_m}$$

y un subconjunto $\mathcal{C} \subseteq \{1 \ldots m\}$, el secuente resultante S':

$$\frac{\alpha_i \text{ con } i = 1 \ldots n \text{ y } i \in \mathcal{C}}{\alpha_j \text{ con } j = n+1 \ldots m \text{ y } j \in \mathcal{C}}$$

Introducción de antecedentes desde una fuente externa

Ésta operación permite cargar desde un archivo de especificación, ya sea *Alloy* o *FOF* axiomas e introducirlas como antecedentes del secuente analizado.

Dado un secuente S

$$\frac{\alpha_1,\ldots,\alpha_n}{\alpha_{n+1},\ldots,\alpha_m}$$

y un conjunto de fórmulas nuevas $\{\beta_1 \ldots \beta_k\}$. El nuevo secuente es:

$$\frac{\alpha_1,\ldots,\alpha_n,\ \beta_1,\ldots,\beta_k}{\alpha_{n+1},\ldots,\alpha_m}$$

Traducción

Se extendió el concepto de traducciones ρ para que se puedan traducir fórmulas por separado. El secuente resultante contendrá las fórmulas del secuente analizado en el lenguaje seleccionado.

Dado un secuente S

$$\frac{\alpha_1^{l_1},\ldots,\alpha_n^{l_n}}{\alpha_{n+1}^{l_{n+1}},\ldots,\alpha_m^{l_m}}$$

con $\alpha_i^{l_i}$ fórmula en el lenguaje l_i.

y una relacion $\mathcal{T} : Formula \times Lenguaje$ que indica el lenguaje seleccionado para cada fórmula del secuente S, el secuente resultante S' es:

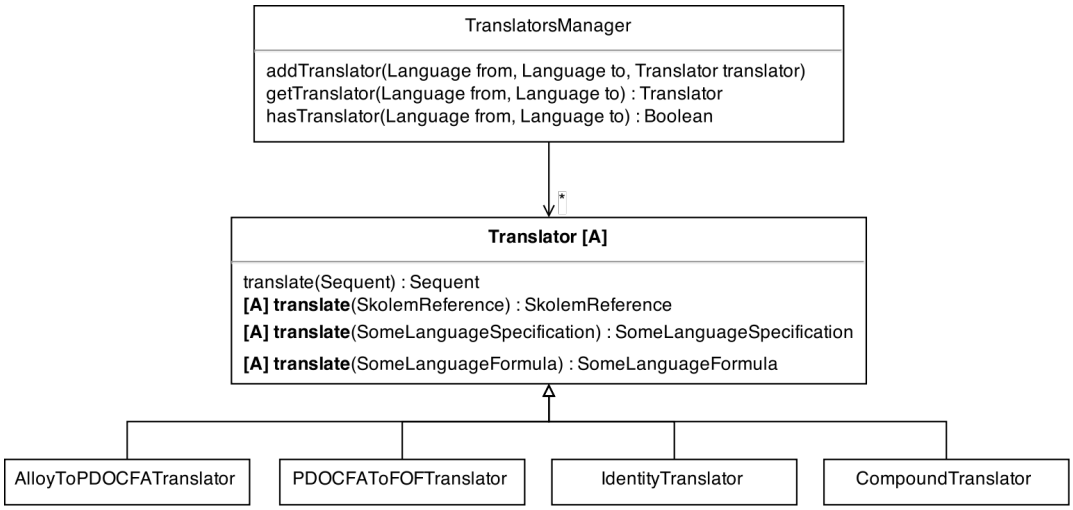
$$\frac{\beta_1^{l_1},\ldots,\beta_n^{l_n}}{\beta_{n+1}^{l_{n+1}},\ldots,\beta_m^{l_m}}$$

con $\beta_i^{li} = \alpha_i^{\mathcal{T}(\alpha_i,l_i)}$.

3.2.2. Extensión de las traducciones Rho

Debido a todos éstos cambios fue necesario refactorizar el diseño de la infraestructura que soportaba las traducciones ρ. Lo primero que se hizo fue tener un *TranslationsManager*, un objeto encargado de manejar todas las traducciones soportadas por el sistema.

Por otro lado los traductores (subclases de *Translator*) deben implementar los tres métodos abstractos definidos en la clase padre. Cada uno de éstos métodos permite un control más fino de las traducciones al separar el secuente en sus partes, que son: una referencia de skolemizacíon, una especificación y la fórmula analizada.



Se proveen los traductores de *Alloy* a *PDOCFA*, de *PDOCFA* a *TPTP-FOF* asi como el *CompoundTranslator* que permite componer los traductores para lograr traducciones transitivas, por ejemplo de *Alloy* a *TPTP-FOF*.

3.3. Expansión del concepto de árbol de análisis

El árbol de análisis de Heterogenius es el elemento principal de un proceso de demostración, ya que es donde se realizan todas las acciones y es donde se refleja el camino tomado para lograr una demostración exitosa. En su version anterior, el árbol de análisis solamente presentaba el camino exitoso con lo cual no era capaz de documentar todo el historial del análisis realizado. Nos pareció importante éste detalle y necesario poder también mantener el historial de todas las acciones aplicadas y caminos tomados, ya sean exitosos o no y entre otras cosas reflejar los caminos alternativos.

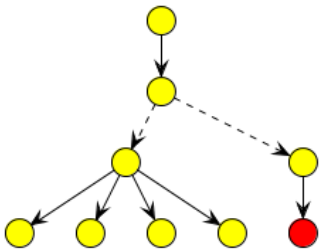


Fig. 3.1: La segunda rama alternativa presenta un contraejemplo. Ésto indica que existe un contraejemplo para el nodo del cual salen las ramas alternativas.

3.3.1. Caminos alternativos en una demostración

Para lograr ésto se introdujo el concepto de *ramificación alternativa*. En la interface de Heterogenius se representa con lineas punteadas y su significado semántico es el de un operador lógico **"o"**. Se corresponde con un camino alternativo en una demostración.

Un nodo con hijos conectados por las ramas alternativas, se entiende que vale si ***alguna*** de las ramas valen. Ésto es diferente de la ramificación normal (lineas continuas) que indica que el nodo padre vale si todos sus hijos valen.

La principal ventaja de usar caminos alternativos es la de poder documentar todo el análisis que se hizo y las decisiones tomadas, incluso las decisiones que no llevaron al cumplimiento del objetivo. Por otro lado también nos permite experimentar con diferentes formas de probar lo mismo.

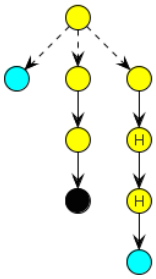


Fig. 3.2: Tres ramas alternativas: la primera y la última indican que no se encontró ningún contraejemplo. La segunda rama muestra que se pudo demostrar que el secuente vale, por lo cuál el secuente del nodo raiz también vale.

TODO: tiene sentido explicar como es la implementacion? los distintos casos, etc??

4. CASO DE ESTUDIO

5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

....

6. REFERENCIAS