

Генерация зависимых языков по спецификации пользователя

Гарифуллин Шамиль Раифович
Научный руководитель: Исаев Валерий Иванович

СПбАУ

11 июня 2017 г.

Языки с зависимыми типами — типы могут зависеть от термов.
Одна из частых ошибок при программировании на языке Haskell —
взятие первого элемента пустого списка:

```
head :: [a] -> a
head (x:_) = x
head [] = error "No head!"
```

В языке с зависимыми типами мы можем усилить ограничения на
входные данные функции:

```
head :: {n : N} -> Vec a (suc n) -> a
head (x:_) = x
```

- При написании функции проверки типов нужно уметь вычислять выражения языка.
 - Можно ли применить функцию `takes_only_fibLists` к `[1, 3] ++ [1, 2, 3]`?
 - `elem (2 + 3) fibonacci == True`? Зависит от определений `elem`, `fibonacci` и `+`
 - `fibonacci = [1, 1, 2, 3, 5, 8, ...]`
- Схема алгоритма проверки всегда одна и та же — есть возможность кодогенерации

Цель: Реализовать алгоритм генерации функции вычисления и проверки типов зависимых языков по спецификации в виде модуля на Haskell

Задачи:

- Разработка языка спецификации и налагаемых им ограничений
- Генерация кода функций проверки типов и вычисления термов
- Генерация кода синтаксического анализатора

Необходимо определить язык спецификации и ограничить выразимые языки для возможности дальнейшей генерации кода

Функциональные языки программирования состоят из:

- Конструкций (true, false, bool, if)
- Правил типизации конструкций (правил вывода)
- Правил вычисления (редукций)

Формальное определение языка Bool

$$\overline{\vdash} \quad \frac{\Gamma \vdash A}{\Gamma, x:A \vdash}, x \notin \Gamma \quad \frac{\Gamma \vdash}{\Gamma \vdash x:A}, x:A \in \Gamma$$

$$\frac{\Gamma \vdash a:A \quad \Gamma \vdash A \equiv B}{\Gamma \vdash a:B}$$

$$\overline{\Gamma \vdash Bool} \quad \overline{\Gamma \vdash True: Bool} \quad \overline{\Gamma \vdash False: Bool}$$

$$\frac{\Gamma, x: Bool \vdash T \quad \Gamma \vdash t: Bool \quad \Gamma \vdash a: T[x := True] \quad \Gamma \vdash b: T[x := False]}{\Gamma \vdash if(t, T, a, b): T[x := t]}$$

Неявные предположения формального определения

$$\frac{\Gamma, x : Bool \vdash T \quad \Gamma \vdash t : Bool \quad \Gamma \vdash a : T[x := True] \quad \Gamma \vdash b : T[x := False]}{\Gamma \vdash if(t, T, a, b) : T[x := t]}$$

- Все выражения делятся на два вида: термы и типы
- Конструкция `if` принимает аргументы вида (терм, тип, терм, терм)
- Контекст типа T шире, чем стандартный контекст Γ

Типизация спецификации языка Bool

DependentSorts:

tm, ty

Constructs:

if: (tm,0)*(ty,1)*(tm,0)*(tm,0) -> tm

bool: ty

true : tm

false : tm

Спецификация правила вывода конструкции if

$$\frac{\Gamma, x : \text{Bool} \vdash T \quad \Gamma \vdash t : \text{Bool} \quad \Gamma \vdash a : T[x := \text{True}] \quad \Gamma \vdash b : T[x := \text{False}]}{\Gamma \vdash \text{if}(t, T, a, b) : T[x := t]}$$

Все переменные обозначающие выражения языка который мы определяем — называются *метапеременными*

```
forall x.T : ty, t : tm, a : tm, b : tm
  |- t : bool, x : bool |- T def,
  |- a : T[x:=true], |- b : T[x:=false]
  |-----
  |- if(t, x.T, a, b) : T[x:=t]
```

Вывод типов на примере конструкции if

$$\frac{\Gamma, x : Bool \vdash T \quad \Gamma \vdash t : Bool \quad \Gamma \vdash a : T[x := True] \quad \Gamma \vdash b : T[x := False]}{\Gamma \vdash if(t, T, a, b) : T[x := t]}$$

- 1 На вход подается контекст и $if(t, T, a, b)$
- 2 Расширяем контекст типом $bool$ и проверяем определенность типа T
- 3 Проверяем, что тип t совпадает с типом $bool$
- 4 Выводим тип a и проверяем, что его н.ф. совпадает с н.ф. $T[x := true]$
- 5 Выводим тип b и проверяем, что его н.ф. совпадает с н.ф. $T[x := false]$
- 6 Возвращаем тип выражения $T[x := t]$

Выражение в *нормальной форме* — выражение, к которому нельзя применить редукций

- Все метапеременные правила вывода передаются в виде аргументов конструкции
- Все метапеременные редукции передаются в редуцируемой части
- Одно правило введения на каждую конструкцию языка
- Запрещены равенства в заключении, для этого используются редукции
- Запрещено перекрытие переменных в контексте

- 1 Проверка корректности спецификации пользователя
- 2 Генерация:
 - 1 Представления выражений языка и операций подстановки, абстракции и проверки на равенство выражений
 - 2 Функции приведения в нормальную форму
 - 3 Функции вывода типов

Реализована генерация алгоритма проверки типов и вычислителя зависимых языков по спецификации пользователя.

- Спроектирован типизированный язык спецификации
- Реализована генерация:
 - Структуры данных выражений языка и операций над ними
 - Функций вычисления и вывода типов термов специфицированного языка

Репозиторий проекта:

<https://github.com/esengie/fpl-exploration-tool/>

- Генерация синтаксического анализатора специфицированного языка
- “Наследование” языков друг от друга
- Функции на уровне языка спецификации

- От представления языка требуются возможности:
 - Проверки выражений на равенство
 - Подстановки в переменные и абстракции
 - Сопоставление с образцом для нормализации выражений
- Все эти задачи, кроме последней, помогает решить библиотека `bound`
- `bound` использует обобщённые индексы де Брейна
- Можно упростить — использовать обычные индексы