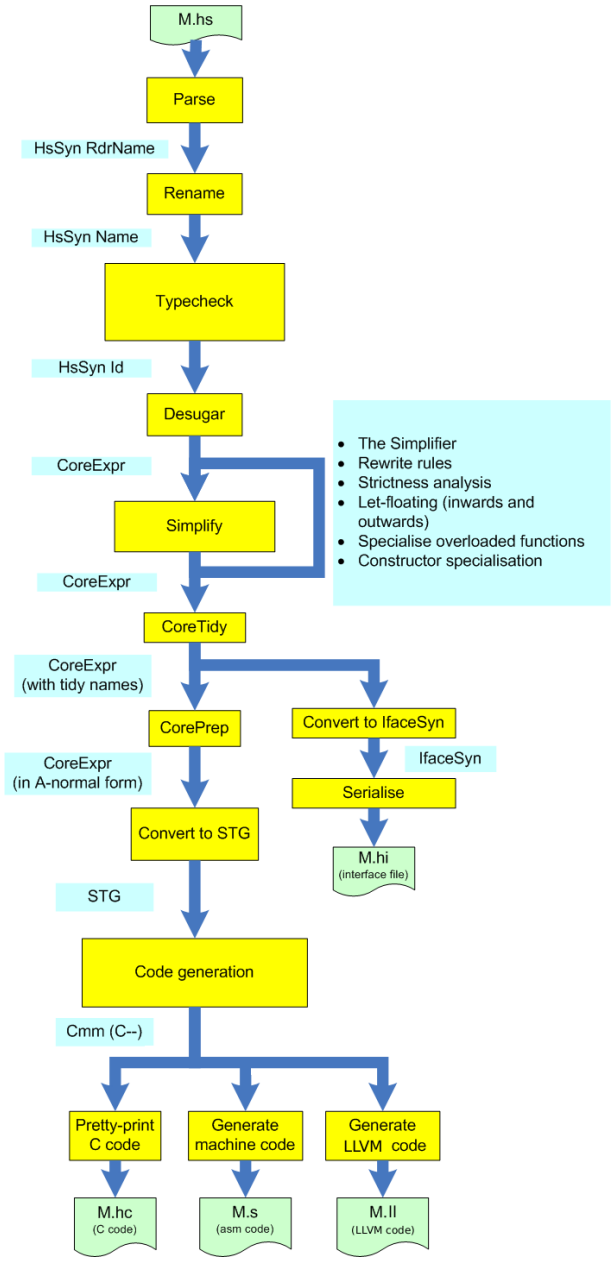
GHC へのプログラム変換パスの追加

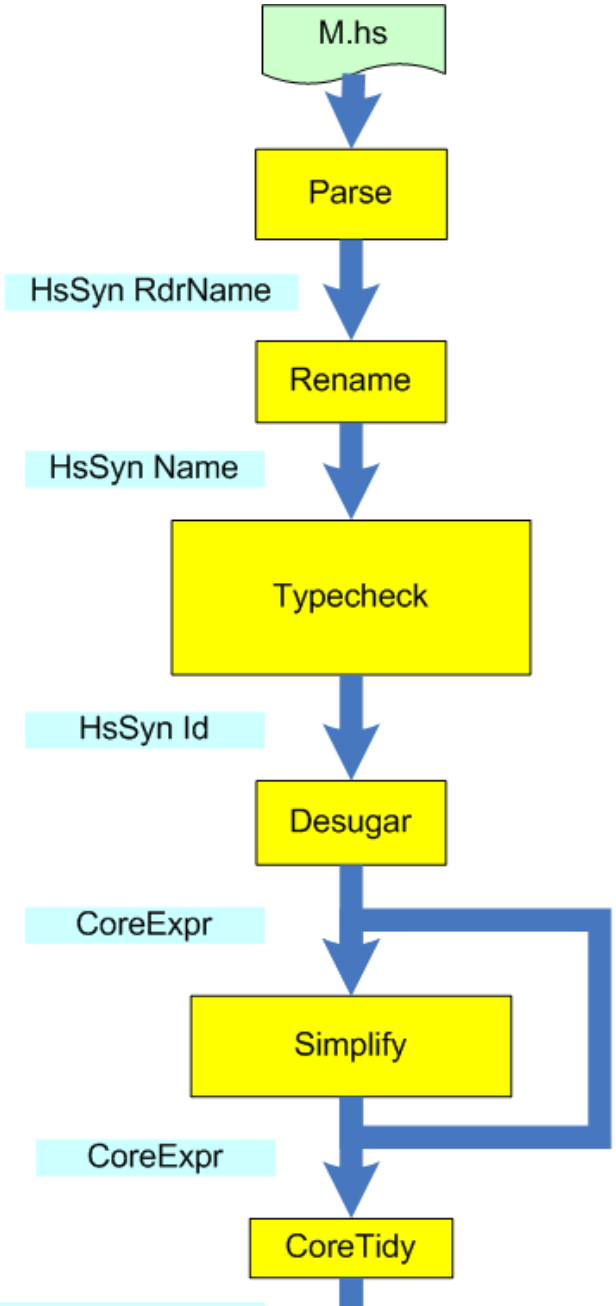
日比野 啓

2012-09-29

今日の話


M.hs
Parse
HsSyn RdrName
Rename
HsSyn Name
Typecheck
HsSyn Id
Desugar
CoreExpr
Simplify
CoreExpr
CoreTidy
CoreExpr
(with tidy names)
CorePrep
CoreExpr
(in A-normal form)
Convert to STG
STG
Code generation
Cmm (C--)
Pretty-print
C code
Generate
machine code
Generate
LLVM code
M.hc
(C code)
M.s
(asm code)
M.ll
(LLVM code)
Convert to IfaceSyn
IfaceSyn
Serialise
M.hi
(interface file)
The Simplifier
Rewrite rules
Strictness analysis
Let-floating (inwards and outwards)
Specialise overloaded functions
Constructor specialisation

今日の話



- The Simplifier
- Rewrite rules
- Strictness analysis
- Let-floating (inwards and outwards)
- Specialise overloaded functions
- Constructor specialisation

HaskellからCoreへ

```
module Foo (f) where

f :: Int -> Int -> Int
f x y = x * (x + y)
```

Haskell を Core 形式へ変換し、出力するコマンド

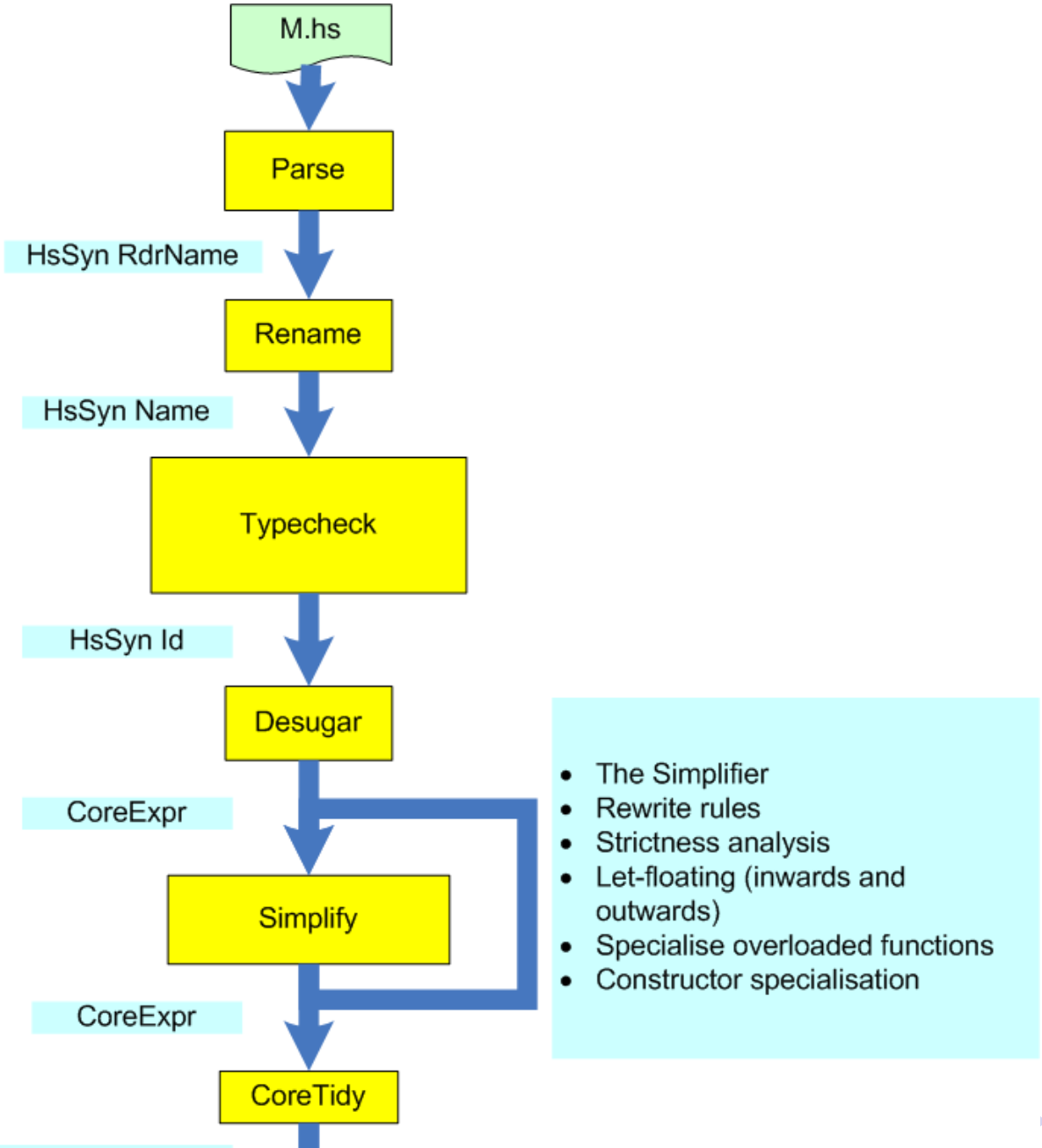
% ghc -c -ddump-simpl Foo.hs

Haskell から Core へ

```
Foo.f :: GHC.Types.Int -> GHC.Types.Int ->
         GHC.Types.Int
[GblId, Arity=2]
Foo.f =
  \ (x_a9H :: GHC.Types.Int)
    (y_a9I :: GHC.Types.Int) ->
    GHC.Num.*
      @ GHC.Types.Int
      GHC.Num.$fNumInt
      x_a9H
      (GHC.Num.+
         @ GHC.Types.Int GHC.Num.$fNumInt
         x_a9H y_a9I)
```

Core は GHC が内部で利用している Lambda 式

Core から Core へ



CoreからCoreへ

Lambda式を変換すれば、GHCでプログラム変換が書ける。主に最適化のパスを実装する目的で利用されているらしい

- compiler/simplCore 以下に変換パスの定義
- compiler/coreSyn 以下にCoreの定義や変換用ライブラリ

simpl の変換パスの追加

例えば foo というパスを追加する

simpl の変換パスの追加

変換パス foo の追加

---

compiler/simplCore/Foo.lhs:

```
module Foo (fooProgram) where

import CoreSyn (CoreProgram)

fooProgram :: CoreProgram -> CoreProgram
...
```

simpl の変換パスの追加

変換パス foo の追加

---

compiler/simplCore/Foo.hs:

```
module Foo (fooProgram) where

import CoreSyn (CoreProgram)

fooProgram :: CoreProgram -> CoreProgram
fooProgram =  id
```

simpl の変換パスの追加

変換パス foo の追加

---

compiler/simplCore/CoreMonad.lhs

```
data CoreToDo ...

  ...
  | CoreFoo
  ...
```

simpl の変換パスの追加

変換パス foo の追加

---

compiler/man/DynFlags.hs

```
data DynFlag
    ...
    -- optimisation opts
    ...
    | Opt_Foo
    ...
fFlags = [
   ...
   ( "foo",  Opt_Foo, nop ),
   ...  ]
```

simpl の変換パスの追加

変換パス foo の追加

---

compiler/coreSyn/SimpleCore.lhs

```
...
getCoreToDo
  ...
  where
    ...
    strictness  = dopt Opt_Strictness   dflags
    ...
    foo         = dopt Opt_foo          dflags
    ...
```

simpl の変換パスの追加

変換パス foo の追加

---

compiler/coreSyn/SimpleCore.lhs

```
...
getCoreToDo
  ...
  [ ...
    runWhen strictness ... ,
    ...
    runWhen foo CoreFoo,
    ...
  ]
```

simpl の変換パスの追加

変換パス foo の追加

---

compiler/coreSyn/SimpleCore.lhs

```
import Foo (fooProgram)
...
doCorePass :: CoreToDo -> ...
...
doCorePass CoreFoo = doPass fooProgram
...
```

simpl の変換パスの追加

変換パス foo の追加

- ここまでの変更で、コンパイラに -O1 -ffoo スイッチを与えれば、Foo (fooProgram) でプログラムが変換されるようになっているはず。
- あとは Foo.hs を実装すればよい

利用できるライブラリ

外部ライブラリと同じものでは

- ex. -package Cabal-1.14.0 -package array-0.4.0.0 -package base-4.5.0.0 -package bin-package-db-0.0.0.0 -package bytestring-0.9.2.1 -package containers-0.4.2.1 -package directory-1.1.0.2 -package filepath-1.3.0.0 -package hoopl-3.8.7.3 -package hpc-0.5.1.1 -package old-time-1.1.0.0 -package process-1.1.0.1 -package unix-2.5.1.0

利用できるライブラリ

コンパイラ内部だと

- TrieMap(CoreMap)
  - CoreExpr を key とした Map
- CoreSubst(Subst)
  - Core Syntax を置換するためのデータ構造

実装されている最適化パスの例

CSE (Common SubExpression Elimination)

- -O1 -fcse
- PRE (Partial redundancy elimination) とも
- 式の字面で判断して共通式を除去

CSE

```
x = p + q
y = p + q
-- ↓
x = p + q      -- Map  p + q => x
y = p + q      -- 置き換え対象
-- ↓
x = p + q      -- Map  p + q => x
y = x
```

CSE

```
r = p
s = q
x = p + q
y = r + s
-- ↓
r = p
s = q
x = p + q      -- Map   p + q => x
y = r + s      -- Map   r + s => y
               -- 置き換え対象が無い
```

自分でも最適化パスを追加してみました

GVN (Global value numbering)

- 式が生成する値ごとに異なる番号を付けていき、同じ番号の付いた式を除去する

GVN

```
-- p, q は自由変数
r = p
s = q
x = p + q
y = r + s
z = x * y
```

GVN

```
z = x * y  -- 略
-- hash[r + s] = hplus[hash[r],
--                     hash[+],
--                     hash[s]]
--                 -- p => 1, (+) => 2, q => 3,
--                 -- r => 1, s => 3
--                 = hplus[ 1, 2, 3]
--                 = 123
-- この例では例えば  123 になったとしておく
y = r + s  -- y => 123
x = p + q  -- x => 123
s = q      -- s => 2, q => 2
r = p      -- r => 1, r => 1
```

GVN

```
y = r + s  -- y => 123
x = p + q  -- x => 123
s = q      -- s => 2, q => 2
r = p      -- r => 1, r => 1

-- 1:   r ==> p
-- 2:   s ==> q
-- 123: y ==> x
```

GVN

```
-- 1:   r ==> p
-- 2:   s ==> q
-- 123: y ==> x

r = p       -- 変化なし          -- 除去可能
s = q       -- 変化なし          -- 除去可能
x = p + q   -- 変化なし
y = p + q   -- <-- y = r + s  -- 除去可能
z = x * x   -- <-- z = x * y
```

デモ

まとめ

- Lambda 式 Core の変換でプログラム変換を実装できる
- ライブラリも結構使えるので書きやすい
- GVN を実装してみた。が不完全なのでもうちょっとがんばりたい
- Compiler plugin 化もしてみたい