PROGRAMACIÓN FUNCIONAL

Modelo Funcional: Sistema de Tipos

Sistema de tipos

- Definición de tipo
- Inferencia y asignación de tipos.
- Ventajas y desventajas.
- Sistema de tipos a la Hindley-Milner.
- Polimorfismo.

Tipos

- ¿Cómo determinamos si una expresión está bien formada?
  - Reglas sintácticas
  - Reglas de asignación de tipo
- ¿Qué es un tipo?
  - Conjunto de valores con propiedades comunes
    - **Ejs:** enteros, valores de verdad, caracteres, funciones de enteros en enteros

Tipos

- Toda expresión válida denota un valor
- Todo valor pertenece a un conjunto
- Los tipos denotan conjuntos
- Entonces...

  TODA EXPRESIÓN DEBERÍA TENER UN TIPO PARA SER VÁLIDA

  (si una expresión no tiene tipo, es inválida)

Asignación de Tipos

- Notación: e :: A
  - se lee "la expresión e tiene tipo A"
  - significa que el valor denotado por e pertenece al conjunto de valores denotado por A
- Ejemplos:

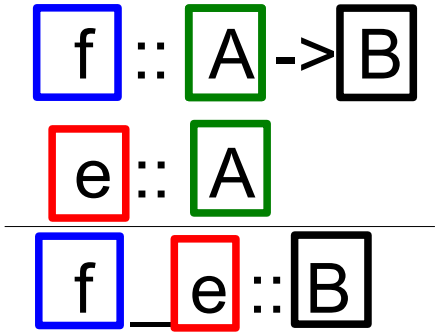
```
2 :: Int                    False :: Bool

'a' :: Char                 doble :: Int -> Int

[ sqr, doble ] :: [ Int -> Int ]
```

Asignación de tipos

- Se puede deducir el tipo de una expresión a partir de su constitución
- Algunas reglas
  - si e1 :: A y e2 :: B, entonces (e1,e2) :: (A,B)
  - si m, n :: Int, entonces (m+n) :: Int
  - si f :: A->B y e :: A, entonces f e :: B
  - si d = e y e :: A, entonces d :: A

Asignación de tipos

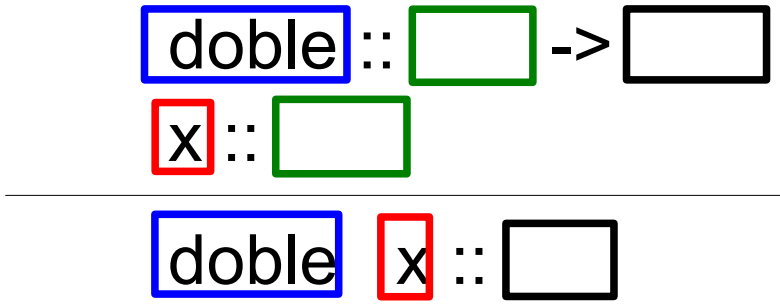
- Se puede deducir el tipo de una expresión a partir de su constitución (cont.)
- La regla más importante es



  - Dice que si tenemos una aplicación, la parte izquierda debe ser una función, y el tipo del parámetro debe coincidir con el tipo del argumento

Asignación de tipos

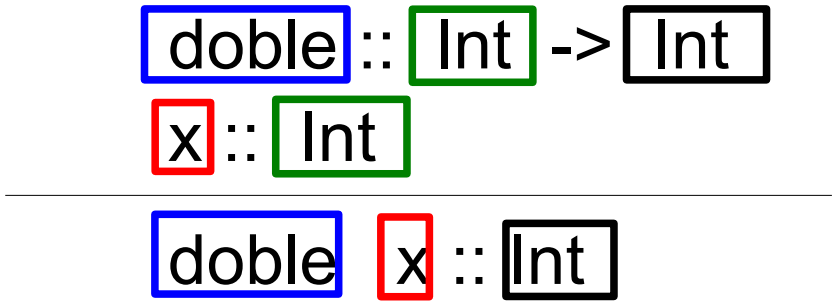
- Ejemplo: doble x = x+x
  - Por la primera parte



  - y por la segunda parte x+x :: Int,
    y eso solamente si x :: Int
  - Además, doble x y x+x tienen el mismo tipo.

Asignación de tipos

- Ejemplo: doble x = x+x
  - Entonces, continuando y volcando los inferido



  - De esto puedo deducir que

doble :: Int -> Int

Asignación de tipos

- Ejemplo: doble x = x+x
  twice' (f,y) = f (f y)
  - x+x :: Int, y entonces sólo puede ser que x :: Int
  - doble x :: Int y x :: Int, entonces sólo puede ser que doble :: Int -> Int
  - si y :: A y f :: A -> A, entonces f y :: A, f (f y) :: A
  - como twice' (f,y) :: A, y (f,y) :: (A->A, A), sólo puede ser que twice' :: (A->A, A) -> A

Asignación de tipos

- Propiedades deseables
  - que sea automática (que haya un programa)
  - que le dé tipo al mayor número posible de expresiones con sentido
  - que no le dé tipo al mayor número posible de expresiones sin sentido
  - que se conserve por reducción
  - que los tipos sean descriptivos y razonablemente sencillos de leer

Asignación de tipos

- Inferencia de tipos
  - dada una expresión `e`, determinar si tiene tipo o no según las reglas, y cuál es ese tipo
- Chequeo de tipos
  - dada una expresión `e` y un tipo `A`, determinar si `e :: A` según las reglas, o no
- Sistema de tipado fuerte (strong typing)
  - sistema que acepta una expresión si, y sólo si ésta tiene tipo según las reglas y tal que las expresiones aceptadas nunca fallan por problemas de tipos

Sistema de tipos

- ¿Para qué sirven los tipos?
  - detección de errores comunes
  - documentación
  - especificación rudimentaria
  - oportunidades de optimización en compilación
- Es una buena práctica en programación empezar dando el tipo del programa que se quiere escribir.

Sistema Hindley-Milner

- Tipos básicos
  - enteros Int
  - caracteres Char
  - booleanos Bool
- Tipos compuestos
  - tuplas (A,B)
  - listas [A]
  - funciones (A->B)
- Polimorfismo

Polimorfismo

- ¿Qué tipo tendrá la siguiente función?

```
id :: ??
id x = x
    (id 3) :: Int          (id 'a') :: Char
    (id True) :: Bool   (id doble) :: Int -> Int
```

- ¿Es una expresión con sentido?
- ¿Debería tener un tipo?
- En realidad:

  id :: A->A, cualquiera sea A

Polimorfismo paramétrico

- Solución: ¡variables de tipo!

  id :: a -> a

  se lee: "id es una función que dado un elemento de *algún tipo* a, retorna un elemento de ese mismo tipo"

- La identidad es una función *polimórfica*
  - el tipo de su argumento puede ser *instanciado* de diferentes maneras en diferentes usos

(id 3) :: Int	y aquí	id :: Int -> Int
(id True) :: Bool	y aquí	id :: Bool -> Bool

Polimorfismo paramétrico

- Polimorfismo
  - Característica del sistema de tipos
  - Dada una expresión que puede ser tipada de infinitas maneras, el sistema puede asignarle un tipo que sea más general que todos ellos, y tal que en cada uso pueda transformarse en uno particular.
  - Ej: `id :: a -> a` ← más general

    particulares →

    `id :: Int -> Int` `id :: [ Int ] -> [ Int ]` ...
    - Reemplazando `a` por `Int`, por ejemplo, se obtiene un tipo particular
  - Se llama "paramétrico" pues `a` es el *parámetro*.

Polimorfismo paramétrico

- ¿Tienen tipo las siguientes expresiones? ¿Cuáles?
  (Recordar: twice f = g where g x = f (f x))

  twice :: ??

  (id doble) (id 3) :: ??

  (id twice') (id doble, id 3) :: ??

  (id id) (id doble) :: ??

  id id :: ??

  twice id :: ??

Resumen

- Inferencia y asignación de tipos.
- Sistema de tipado fuerte.
- Sistema Hindley-Milner.
- Polimorfismo.