

Uma linguagem de programação com tipos de sessão independentes do contexto

Bernardo Almeida e Vasco T. Vasconcelos

LASIGE, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa

4 de Setembro de 2018

Motivação

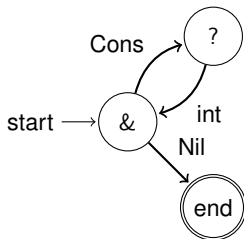
- ▶ Tipos de sessão tradicionais têm inúmeras aplicações
- ▶ Exemplo: Transmitir uma lista num canal de comunicação

```
type List = Nil | Cons Int List
```

```
type ListServer = &{  
  Nil : end  
  Cons : ?int . ListServer  
}
```

Motivação

- Sequência de operações é definida por um autômato finito:



- Linguagem regular: $(\&\text{Cons ?Int})^* \&\text{Nil}$

Motivação

- ▶ E se o objetivo for transmitir uma árvore?

type Tree = Leaf | Node Int Tree Tree

- ▶ Enviar sequências de Node, Leaf e Int
ex: Node Leaf 2 Node Leaf
- ▶ Comunicação restrita ao envio de tipos básicos e sem passar novos canais
- ▶ Os tipos de sessão devem garantir que as árvores estão bem formadas

Motivação

Facto

A linguagem produzida pela gramática que descreve um tipo de sessão é:

- ▶ Reconhecida por um autómato finito
- ▶ Uma linguagem (ω -) regular

- ▶ **Gramática:** $N ::= \text{Leaf} \mid \text{Node int } N \ N$
- ▶ **Consequência:** Os tipos de sessão tradicionais não podem descrever estas estruturas
- ▶ **Solução:** Tipos de sessão independentes do contexto propostos por Thiemann e Vasconcelos.

A linguagem

- ▶ Sintaxe semelhante à do Haskell
- ▶ Acrescida de primitivas para
 - ▶ Criação de canais
 - ▶ Envio de valores nos canais
 - ▶ Receção de valores nos canais
- ▶ Primitivas de comunicação: troca de mensagens e escolhas
- ▶ Canais de comunicação síncronos e bidirecionais
- ▶ Os processos podem escrever numa das extremidades do canal ou ler na outra.

A linguagem

Os tipos disponíveis na linguagem são:

$B ::= \text{Int} \mid \text{Char} \mid \text{Bool} \mid ()$

Tipos básicos

$T ::= \text{Skip} \mid T; T \mid !B \mid ?B$

Tipos

$\mid \oplus \{l_i: T_i\}_{i \in I} \mid \&\{l_i: T_i\}_{i \in I}$

$\mid B \mid T \rightarrow T \mid T \multimap T$

$\mid (T, T) \mid [l_i: T_i]_{i \in I} \mid \text{rec } \alpha. T \mid \alpha$

$\mathcal{C} ::= T \mid \text{forall } \alpha \Rightarrow \mathcal{C}$

Esquemas de tipos

A linguagem - Exemplo

- ▶ **Objetivo:** Transmitir uma árvore binária num canal

- ▶ **Tipo de dados:**

```
data Tree = Leaf | Node Int Tree Tree
```

- ▶ **Tipo da função que envia a árvore**

```
sendTree :: forall a => Tree → (rec x . +{  
  LeafC : Skip, NodeC: !Int;x;x}); a → a
```


A linguagem - Envio de uma árvore

O código da função para enviar uma árvore é:

```
sendTree :: forall a => Tree -> (rec x . +{LeafC :  
    Skip, NodeC: !Int;x;x}); a -> a  
sendTree t c =  
    case t of  
        Leaf -> select LeafC c  
        Node x l r ->  
            let c1 = select NodeC c in  
            let c2 = send x c1 in  
            let c3 = sendTree[(rec x.+{LeafC : Skip, NodeC  
                : !Int;x;x});a] l c2 in  
            let c4 = sendTree[a] r c3 in  
            c4
```

A linguagem - Receção de uma árvore

O código da função complementar que permite receber uma árvore é:

```
receiveTree :: forall a => (rec x.&{LeafC: Skip ,  
    NodeC: ?Int;x;x}); a -> (Tree, a)  
receiveTree c =  
    match c with  
    LeafC c1 -> (Leaf, c1)  
    NodeC c1 ->  
        let x, c2 = receive c1 in  
        let left, c3 = receiveTree [(rec x.&{LeafC:  
            Skip, NodeC: ?Int;x;x});a] c2 in  
        let right, c4 = receiveTree [a] c3 in  
        (Node x left right, c4)
```

A linguagem - Sintaxe das expressões

A sintaxe das expressões disponíveis na linguagem é:

$e ::= () \mid \text{Int} \mid \text{Char} \mid \text{Bool}$	Expressões básicas
$\mid x \mid \text{let } x = e \text{ in } e$	Variáveis e Let
$\mid ee \mid e[T]$	Aplicações
$\mid \text{if } e \text{ then } e \text{ else } e$	Condicional
$\mid (e, e) \mid \text{let } x, y = e \text{ in } e$	Pares
$\mid \text{new } T \mid \text{send } e \ e \mid \text{receive } e$	Operações de comunicação
$\mid \text{select } e \mid \text{match } e \text{ with } \{l_i \rightarrow e_i\}_{i \in I}$	
$\mid \text{fork } e$	Fork
$\mid C \mid \text{case } e \text{ of } \{C_i \rightarrow e_i\}_{i \in I}$	Tipos de dados

A linguagem - Validação

- ▶ Sistema de *kinding*:
 - ▶ Boa formação dos tipos
 - ▶ Classifica os tipos nas categorias de tipos de sessão ou tipos gerais
 - ▶ Associa multiplicidades
- ▶ Exemplos:
 - ▶ **!**Int: Bem formado (S^1)
 - ▶ (**Int** → **Bool**);Int não é bem formado
 - ▶ **rec** x . a;x
 - ▶ Mal formado se a não estiver no ambiente de *kinding*
 - ▶ Mal formado se a não for um tipo de sessão
- ▶ Verificação de tipos

A linguagem - Geração de código

- ▶ A linguagem alvo da geração de código é Haskell
- ▶ Quatro desafios do processo de tradução:

1. *Call-by-value* VS. *Call-by-name*

Solução: *BangPatterns*

ex: `fun x = e` quando traduzida fica `fun !x = e`

2. Operações de comunicação implementadas através de recorrendo a duas *MVar* por canal.

- ▶ `putMVar` - Operação **send**
- ▶ `takeMVar` - Operação **receive**

A linguagem - Geração de código

3. As *MVar* só têm um tipo que se mantém inalterado durante a computação
- ▶ Canais necessitam que o tipo possa variar (ex: **!Int** ;! **Bool**)
 - ▶ Sistema de tipos do Haskell não pode verificar os tipos dos canais (*unsafeCoerce*)

```
_send x (m1, m2) = do  
  putMVar m2 (unsafeCoerce x)  
  return (m1, m2)
```

```
_receive (m1, m2) = do  
  a <- takeMVar m1  
  return ((unsafeCoerce a), (m1, m2))
```

A linguagem - Geração de código

4. Operações de comunicação (**fork**, **send**, **receive** e **new**) são operações sobre um monáde
- ▶ Quando traduzir uma expressão para código de um monáde?
 - ▶ Anotação da árvore sintática com valores booleanos

Geramos código com base na seguinte tabela:

Valor esperado (anotação da árvore sintática)	Valor encontrado (na função de tradução)	Código gerado (Haskell)
False	False	e
True	False	return e
True	True	e
False	True	e >>= x → x

A linguagem - Função após a tradução

Resultado:

```
sendTree !t !c =  
  case t of  
    Leaf → _send "LeafC" c  
    Node x l r →  
      _send "NodeC" c >>=  
        \c1 → _send x c1 >>=  
        \c2 → sendTree l c2 >>=  
        \c3 → sendTree r c3 >>=  
        \c4 → return c4
```


Conclusão e Trabalho futuro

Conclusão:

- ▶ Linguagem concorrente e explicitamente tipificada
- ▶ Comunicação exclusiva por troca de mensagens
- ▶ Canais síncronos descritos por tipos de sessão independentes do contexto.

Trabalho futuro:

- ▶ Reduzir a verbosidade da linguagem
- ▶ Abreviar tipos: `type SendInt = !Int`
- ▶ Inferência de tipos em alguns cenários (as aplicações de tipos `e[T]`)
- ▶ Canais partilhados
- ▶ Operador de **dualof**