Linguagens de Programação

Fabio Mascarenhas - 2015.2

http://www.dcc.ufrj.br/~fabiom/lp

Memória

- Se *eval* tem que mudar alguma coisa isso tem que ficar refletido no seu tipo de saída, que não pode ser mais apenas um valor, mas também os *efeitos colaterais*

- No caso de referências, os efeitos colaterais são as referências que mudaram

- Para rastrear o que foi mudado vamos adicionar um nível de indireção e fazer a caixa de uma referência conter um *endereço* em uma *memória*

```
type End = Int
type Mem = Map[End, Valor]

case class Caixa(l: End) extends Valor
```

- A função *eval* agora recebe uma memória, e retorna um valor e uma nova memória

Eval com memória – literais

- Temos quatro termos que representam *literais*: `Num`, `True`, `False` e `Fun`

- Esses são os mais fáceis, já que um literal não pode modificar a memória, então apenas retornamos o valor junto com a mesma memória que foi passada a *eval*

```
case Num(v) => (NumV(v), mem)
case True() => (TrueV(), mem)
case False() => (FalseV(), mem)
case Fun(params, corpo) => (FunV(params, corpo), mem)
```

Sequência

- Os efeitos colaterais da primeira expressão de uma sequência claramente afetam a segunda expressão

- Isso quer dizer que a memória resultante de avaliar a primeira expressão deve ser usada como entrada para a segunda:

```
case Seq(e1, e2) => {
  val (_, nmem) = eval(e1, mem)
  eval(e2, nmem)
}
```

- O *valor* resultante da primeira expressão é descartado

- Note a segunda linha: esse padrão vai se repetir bastante daqui pra frente

Aritmética

- Como vimos no exemplo do slide 11, os efeitos colaterais do lado esquerdo da soma afetam o lado direito

- Isso quer dizer que as operações aritméticas (e relacionais) também introduzem uma *sequência* de avaliação, e por isso são avaliadas de um modo parecido com Seq:

```
case Soma(e1, e2) => {
  val (NumV(n1), mem1) = eval(e1, mem)
  val (NumV(n2), mem2) = eval(e2, mem1)
  (NumV(n1 + n2), mem2)
}
```

- A memória é *costurada* nas subexpressões, é o fio que as conecta

Alocando novas caixas

- A operação Ref cria uma nova caixa, mas qual o endereço dessa nova caixa? Como os endereços são números, podemos guardar em um endereço especial (como 0) o próximo endereço livre:

```
def aloca(v: Valor, mem: Mem): (Valor, Mem) = {
  val NumV(l) = mem(0)
  val nl = l.toInt + 1
  (Caixa(nl), mem + (0 -> NumV(nl), nl -> v))
}
```

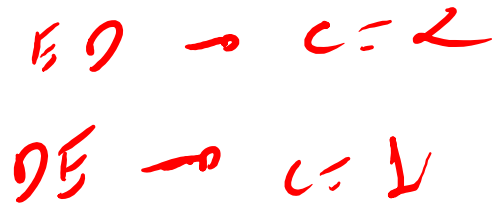
Ref, Deref e Atrib

- As operações `Ref` e `Deref` agora são fáceis de implementar, contanto que tenhamos cuidado com a sequência

- Lembre que as expressões passadas a `Ref` e `Deref` também podem ter efeitos colaterais que devem ser levados em conta!

- As mesmas considerações valem para Atrib; o programa abaixo avalia para 2:

```
let c = ref 0 in
  (c := !c + 1; c) := !c + 1
end
```



Aplicações de função e ordem de avaliação

- O mesmo cuidado que tivemos com o sequenciamento das subexpressões dos outros termos deve ser tomado com o sequenciamento dos argumentos de uma aplicação

- Qualquer erro na passagem da memória de uma expressão para a outra introduz furos na linguagem: partes da linguagem onde efeitos colaterais “somem”

- Note que a introdução de efeitos colaterais exige que o interpretador fixe a *ordem de avaliação*, pois ela dá a ordem em que os efeitos acontecem

Bugs

- Um único termo, como Deref, tem várias possibilidades de introduzir *bugs*:

```
let c = ref 0 in
  !(c := 1; c)
end
```

```
let c = ref 0 in
  !(c := 1; c) + !c
end
```

- Os bugs são introduzidos quando quebramos a *linearidade* da memória; felizmente, podemos abstrair a costura da memória de modo a garantir a linearidade

Ações

- Uma maneira de enxergar o interpretador big-step é como algo que recebe uma lista de funções e uma expressão e retorna uma *ação*
- Ações produzem um valor e mais *efeitos colaterais*
- Podemos representar ações genéricas com um tipo `Acao[T]`
- Para fun com referências, uma `Acao[T]` é uma função `Mem => (T, Mem)`
- Vamos usar um tipo algébrico associado, como fizemos com `Parser`

Ações primitivas

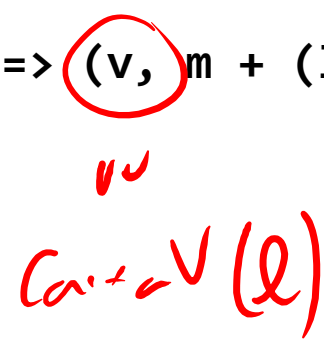
- A ação mais simples é a que produz um valor sem precisar nem modificar a memória:

```
def empty[T](v: T): Acao[T] = m => (v, m)
```

- Também precisamos de ações que leem e escrevem valores na memória:

```
def le(l: Int): Acao[Valor] = m => (m(l), m)

def escreve(l: Int, v: Valor): Acao[Valor] = m => (v, m + (l -> v))
```



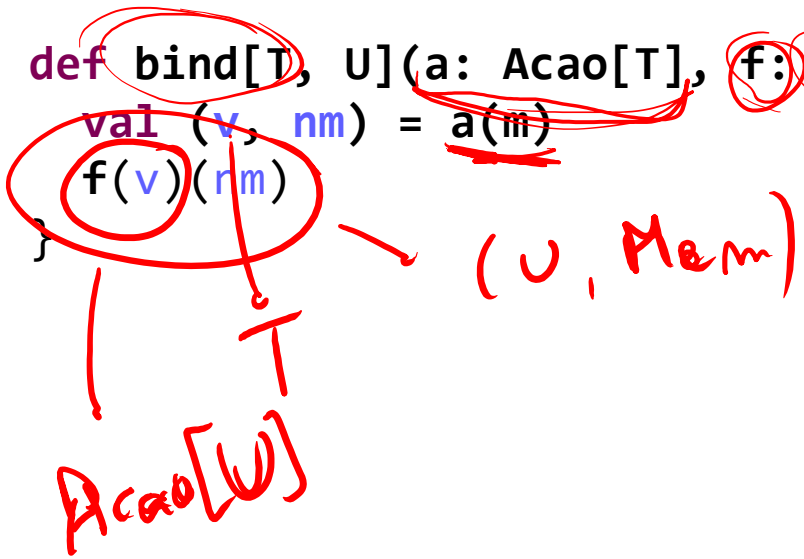
Ações primitivas - *bind*

- A quarta primitiva que precisamos é uma maneira de encadear ações, passando o resultado de uma para a outra

- Mas uma ação consome apenas uma memória; o jeito de uma ação consumir um valor é usar uma função que produz uma ação dado esse valor

- Isso nos dá a nossa primitiva de sequência, *bind*:

```
def bind[T, U](a: Acao[T], f: T => Acao[U]): Acao[U] = m => {
  val (v, nm) = a(m)
  f(v)(nm)
}
```



Aloca usando as primitivas

- Podemos agora definir a ação aloca como uma combinação dessas primitivas:

```
def aloca(v: Valor): Acao[Valor] =
  bind(le(0),
       (lv: Valor) => {
         val NumV(l) = lv
         val nl = l.toInt + 1
         bind(escreve(0, NumV(nl)),
              (_: Valor) => bind(escreve(nl, v),
                                 (_: Valor) => id(Caixa(nl))))
       })
```

- A memória agora é costurada implicitamente entre as diferentes ações, então não é possível introduzir bugs acessando memórias “usadas”

- Mas a carga sintática de encadear várias ações com *bind* é grande

bind e flatMap

- Vamos examinar a assinatura de bind:

```
def bind[T, U](a: Acao[T], f: T => Acao[U]): Acao[U]
```

- E comparar com uma velha conhecida, *flatMap*:

```
def flatMap[T, U](l: List[T], f: T => List[U]): List[U]
```

- Só muda o tipo sobre o qual estamos trabalhando, de listas para ações

- Podemos criar definições análogas para ações de *map* e *filter*, também, e usar a sintaxe do *for* para criar nossas ações compostas

Ações com for - *aloca*

- A definição de *aloca* usando for fica muito mais limpa, e com a mesma resistência a bugs no acesso a memória:

```
def aloca(v: Valor): Acao[Valor] = for {
  NumV(l) <- le(0)
  nl <- id(l.toInt+1)
  _ <- escreve(0, NumV(nl))
  _ <- escreve(nl, v)
} yield Caixa(nl)
```

- Experimente aplicar as regras de desugaring que vimos para o for, e vamos ter um resultado bem parecido com a definição de *aloca* do slide 13, a menos de se usar *flatMap* e *map* ao invés de *bind*, e de se usar a sintaxe OO de Scala