Reaktive Programmierung
Vorlesung 9 vom 17.05.17: Meta-Programmierung

Christoph Lüth, Martin Ring

Universität Bremen

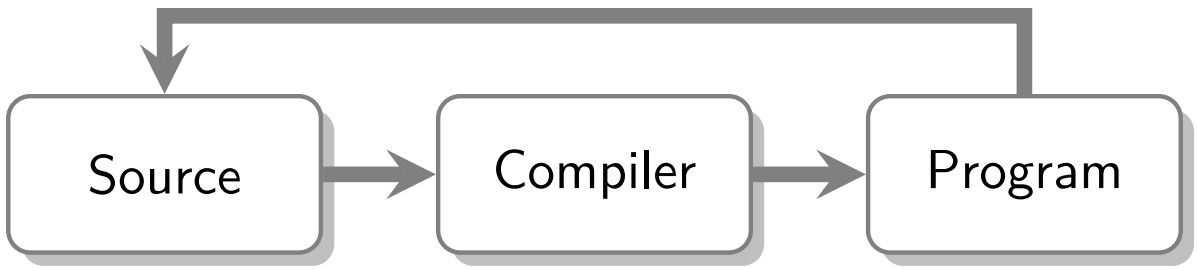
Sommersemester 2017

Fahrplan

- Einführung
- Monaden als Berechnungsmuster
- Nebenläufigkeit: Futures and Promises
- Aktoren I: Grundlagen
- Aktoren II: Implementation
- Bidirektionale Programmierung
- Meta-Programmierung
- Reaktive Ströme I
- Reaktive Ströme II
- Functional Reactive Programming
- Software Transactional Memory
- Eventual Consistency
- Robustheit und Entwurfsmuster
- Theorie der Nebenläufigkeit, Abschluss

Was ist Meta-Programmierung?

“Programme höherer Ordnung” / Makros



Was sehen wir heute?

- Anwendungsbeispiel: JSON Serialisierung
- Meta-Programmierung in Scala:
  - Scala Meta
- Meta-Programmierung in Haskell:
  - Template Haskell
- Generische Programmierung in Scala und Haskell

Beispiel: JSON Serialisierung

Scala

```scala
case class Person(
  names: List[String],
  age: Int
)
```

Haskell

```haskell
data Person = Person {
  names :: [String],
  age :: Int
}
```

Ziel: Scala $\overset{\text{JSON}}{\longleftrightarrow}$ Haskell

JSON: Erster Versuch

JSON1.scala

JSON: Erster Versuch

JSON1.scala

- Unpraktisch: Für jeden Typ muss manuell eine Instanz erzeugt werden
- Idee: Makros for the win

Klassische Metaprogrammierung (Beispiel C)

```c
#define square(n) ((n)*(n))
#define UpTo(i, n) for((i) = 0; (i) < (n); (i)++)
```

```c
UpTo(i,10) {
  printf("i squared is: %d\n", square(i));
}
```

- Eigene Sprache: C Präprozessor
- Keine Typsicherheit: einfache String Ersetzungen

Metaprogrammierung in Scala: Scalameta

- Idee: Der Compiler ist im Programm verfügbar

```
> "x + 2 * 7".parse[Term].get.structure

Term.ApplyInfix(Term.Name("x"), Term.Name("+"), Nil,
    Seq(Term.ApplyInfix(Lit.Int(2), Term.Name("*"), Nil,
    Seq(Lit.Int(7)))))
```

- Abstrakter syntaxbaum (AST) als algebraischer Datentyp $\rightarrow$ typsicher
- Sehr komplexer Datentyp ...

Quasiquotations

- Idee: Programmcode statt AST
- Zur Konstruktion ...

```
> val p = q"case class Person(name: String)"

p: meta.Defn.Class = case class Person(name: String)
```

- ... und zur Extraktion

```
> val q"case class $name($param)" = p

name: meta.Type.Name = Person
param: scala.meta.Term.Param = name: String
```

Makro Annotationen

- Idee: Funktion $AST \rightarrow AST$ zur Compilezeit ausführen
- Werkzeug: Annotationen

```
class hello extends StaticAnnotation {
  inline def apply(defn: Any): Any = meta { defn match {
    case q"object $name { ..$members }" ⇒
      q"""object $name {
            ..$members
            def hello: Unit = println("Hello")
          }"""
    case _ ⇒ abort("@hello must annotate an object")
  } }
}
```

```
@hello object Test
```

JSON: Zweiter Versuch

JSON2.scala

JSON: Zweiter Versuch

JSON2.scala

- Generische Ableitungen für **case classes**
- Funktioniert das für alle algebraischen Datentypen?

Generische Programmierung

- Beispiel: YAML statt JSON erzeugen
- Idee: Abstraktion über die Struktur von Definitionen
- Erster Versuch: ToMap.scala

Generische Programmierung

- Beispiel: YAML statt JSON erzeugen
- Idee: Abstraktion über die Struktur von Definitionen
- Erster Versuch: ToMap.scala
  - Das klappt so nicht ...
  - Keine geeignete Repräsentation!

Heterogene Listen

- Generische Abstraktion von Tupeln

```
> val l = 42 :: "foo" :: 4.3 :: HNil
l: Int :: String :: Double :: HNil = ...
```

- Viele Operationen normaler Listen vorhanden:

- Was ist der parameter für flatMap?

Heterogene Listen

- Generische Abstraktion von Tupeln

```
> val l = 42 :: "foo" :: 4.3 :: HNil
l: Int :: String :: Double :: HNil = ...
```

- Viele Operationen normaler Listen vorhanden:

- Was ist der parameter für flatMap?
  $\Rightarrow$ Polymorphe Funktionen

Records

- Uns fehlen namen
- Dafür: Records

```
> import shapeless._; record._; import syntax.singleton._
> val person = ("name" ->> "Donald") :: ("age" ->> "70")
    :: HNil

person: String with KeyTag[String("name"),String] :: Int
    with KeyTag[String("age"),Int] :: HNil = Donald :: 70
    :: HNil

> person("name")

res1: String = Donald
```

Die Typklasse Generic

- Typklasse Generic[T]

```
trait Generic[T] {
  type Repr
  def from(r: Repr): T
  def to(t: T): Repr
}
```

- kann magisch abgeleitet werden:

```
> case class Person(name: String, age: Int)
> val gen = Generic[Person]
gen: shapeless.Generic[Person]{type Repr = String :: Int
    :: shapeless.HNil} = ...
```

- $\rightarrow$ Makro Magie
- Funktioniert allgemein für algebraische Datentypen

JSON Serialisierung: Teil 3

JSON3.scala

Automatische Linsen

```
case class Address(street: String, city: String, zip: Int)
case class Person(name: String, age: Int, address: Address)

val streetLens = lens[Person] >> 'address >> 'street
```

Zusammenfassung

- Meta-Programmierung: “Programme Höherer Ordnung”
- Scalameta: Scala in Scala manipulieren
- Quasiquotations: Reify and Splice
- Macros mit Scalameta: $AST \rightarrow AST$ zur Compilezeit
- Äquivalent in Haskell: TemplateHaskell
- Generische Programmierung in Shapeless
- Äquivalent in Haskell: GHC.Generic