Reaktive Programmierung
Vorlesung 12 vom 07.06.17: Funktional-Reaktive Programmierung

Christoph Lüth, Martin Ring

Universität Bremen

Sommersemester 2017

Fahrplan

Das Tagemenü

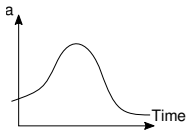
- Funktional-Reaktive Programmierung (FRP) ist rein funktionale, reaktive Programmierung.
- Sehr abstraktes Konzept — im Gegensatz zu Observables und Aktoren.
- Literatur: Paul Hudak, The Haskell School of Expression, Cambridge University Press 2000, Kapitel 13, 15, 17.
  - Andere (effizientere) Implementierung existieren.

FRP in a Nutshell

Zwei Basiskonzepte:

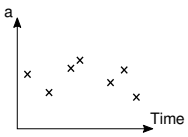
- Kontinuierliches, über der Zeit veränderliches Verhalten:

```
type Time = Float
type Behaviour a = Time → a
```



- Diskrete Ereignisse zu einem bestimmten Zeitpunkt:

```
type Event a = [(Time, a)]
```



- Beispiel: Position eines Objektes
- Beispiel: Benutzereingabe

Obige Typdefinitionen sind Spezifikation, nicht Implementation

Verhalten: erste einfache Beispiele

- Ein kreisender und ein pulsierender Ball:

```
circ, pulse :: Behavior Region
circ    = translate (cos time, sin time) (ell 0.2 0.2)
pulse   = ell (cos time ∗ 0.5) (cos time ∗ 0.5)
```

- Was passiert hier?
  - Basisverhalten: time :: Behaviour Time, constB :: a → Behavior a
  - Grafikbücherei: Datentyp Region, Funktion Ellipse
  - Liftings (∗, 0.5, sin, ...)

Lifting

- Um einfach mit Behaviour umgehen zu können, werden Funktionen zu Behaviour geliftet:

```
($∗) :: Behavior (a→b) → Behavior a → Behavior b
lift1 :: (a → b) → (Behavior a → Behavior b)
```

  - Gleiches mit lift2, lift3, ...
- Damit komplexere Liftings (für viele andere Typklassen):

```
instance Num a ⇒ Num (Behavior a) where
  (+) = lift2 (+)

instance Floating a ⇒ Floating (Behavior a) where
  sin   = lift1 sin
```


Reaktive Animationen: Verhaltensänderung

- Beispiel: auf Knopfdruck Farbe ändern:

```
color1 :: Behavior Color
color1 = red `untilB` lbp –≫ blue
```

```
color2 = red `untilB` (lbp –≫ blue .|. key –≫ yellow)
```

- Was passiert hier?
  - untilB kombiniert Verhalten:

```
untilB :: Behavior a → Event (Behavior a) → Behavior a
```

  - =>> ist map für Ereignisse:

```
(⇒≫) :: Event a → (a→b) → Event b
(–≫) :: Event a→ b→ Event b
```

  - Kombination von Ereignissen:

```
(.|.) :: Event a → Event a → Event a
```


Der Springende Ball

```
ball2 = paint red (translate (x,y) (ell 0.2 0.2)) where
  g = –4
  x = –3 + integral 0.5
  y = 1.5 + integral vy
  vy = integral g `switch`
       (hity `snapshot_` vy ⇒≫ λv'→ lift0 (–v') + integral g)
  hity = when (y <∗ –1.5)
```

```
ball2x = paint red (translate (x,y) (ell 0.2 0.2)) where
  g = –4
  x = –3 + integral vx
  vx = 0.5 `switch` (hitx –≫–vx)
  hitx = when (x <∗ –3 ||∗ x >∗ 3)
  y = 1.5 + integral vy
  vy = integral g `switch`
       (hity `snapshot_` vy ⇒≫ λv'→ lift0 (–v') + integral g)
  hity = when (y <∗ –1.5)
```

- Nützliche Funktionen:

```
integral :: Behavior Float→ Behavior Float
```

Implementation

- Verhalten, erste Annäherung:

```
data Beh1 a = Beh1 ([(UserAction, Time)] -> Time -> a)
```

- Problem: Speicherleck und Ineffizienz
- Analogie: suche in sortierten Listen

```
inList :: [Int] -> Int -> Bool
inList xs y = elem y xs

manyInList' :: [Int] -> [Int] -> [Bool]
manyInList' xs ys = map (inList xs) ys
```

- Besser Sortiertheit direkt nutzen

```
manyInList :: [Int] -> [Int] -> [Bool]
```


Implementation

- Verhalten werden inkrementell abgetastet:

```
data Beh2 a
   = Beh2 ([(UserAction,Time)] -> [Time] -> [a])
```

- Verbesserungen:
  - Zeit doppelt, nur einmal
  - Abtastung auch ohne Benutzeraktion
  - Currying

```
data Behavior a
   = Behavior (([Maybe UserAction],[Time]) -> [a])
```

- Ereignisse sind im Prinzip optionales Verhalten:

```
data Event a = Event (Behaviour (Maybe a))
```


Längeres Beispiel: Pong!

- Pong besteht aus Paddel, Mauern und einem Ball.
- Das Paddel:

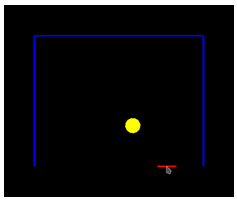
```
paddle = paint red (translate (fst mouse, -1.7) (rec 0.5 0.05))
```

- Die Mauern:

```
walls :: Behavior Picture
```

- ... und alles zusammen:

```
paddleball vel =
  walls `over`
  paddle `over`
  pball vel
```



Pong: der Ball

- Der Ball:

```
pball vel =
 let xvel    = vel `stepAccum` xbounce ->> negate
     xpos    = integral xvel
     xbounce = when (xpos >* 2 ||* xpos <* -2)
     yvel    = vel `stepAccum` ybounce ->> negate
     ypos    = integral yvel
     ybounce = when (ypos >* 1.5
                ||* ypos `between` (-2.0,-1.5) &&*
                    fst mouse `between` (xpos-0.25,xpos+0.25))
 in paint yellow (translate (xpos, ypos) (ell 0.2 0.2))
```

  - Ball völlig unabhängig von Paddel und Wänden
- Nützliche Funktionen:

```
while, when :: Behavior Bool -> Event ()
step :: a -> Event a -> Behavior a
stepAccum :: a -> Event (a->a) -> Behavior a
```


Warum nicht in Scala?

- Lifting und Typklassen für syntaktischen Zucker
- Aber: zentrales Konzept sind unendliche Listen (Ströme) mit nicht-strikte Auswertung
  - Implementation mit Scala-Listen nicht möglich
  - Benötigt: Ströme als unendliche Listen mit effizienter, nicht-strikter Auswertung
  - Möglich, aber aufwändig

Zusammenfassung

- Funktional-Reaktive Programmierung am Beispiel FAL (Functional Animation Library)
- Zwei Kernkonzepte: kontinuierliches Verhalten und diskrete Ereignisse
- Implementiert in Haskell, Systemverhalten als unendlicher Strom von Zuständen
- Stärke: Erlaubt abstrakte Progammierung von reaktiven Animationen
- Schwächen:
  - Fundamental nicht-kompositional — ist gibt eine Hauptfunktion
  - Debugging, Fehlerbehandlung, Nebenläufigkeit?
- Nächste Vorlesung: Software Transactional Memory (STM)