

Reaktive Programmierung
Vorlesung 15 vom 03.07.19
Robustheit und Entwurfsmuster

Christoph Lüth, Martin Ring

Universität Bremen

Sommersemester 2019



Fahrplan

- ▶ Einführung
- ▶ Monaden und Monadentransformer
- ▶ Nebenläufigkeit: Futures and Promises
- ▶ Aktoren I: Grundlagen
- ▶ Aktoren II: Implementation
- ▶ Meta-Programmierung
- ▶ Bidirektionale Programmierung
- ▶ Reaktive Ströme I
- ▶ Reaktive Ströme II
- ▶ Funktional-Reaktive Programmierung
- ▶ Software Transactional Memory
- ▶ Eventual Consistency
- ▶ **Robustheit und Entwurfsmuster**
- ▶ Theorie der Nebenläufigkeit, Abschluss



Rückblick: Konsistenz

- ▶ Strikte Konsistenz in verteilten Systemen nicht erreichbar
- ▶ Strong Eventual Consistency
 - ▶ Wenn **längere Zeit** keine Änderungen stattgefunden haben befinden sich schließlich alle Knoten im **gleichen Zustand**.
 - ▶ Wenn zwei Knoten die **gleiche Menge** Updates beobachten befinden sie sich im **gleichen Zustand**.
- ▶ Conflict-Free replicated Data Types:
 - ▶ Zustandsbasiert: CvRDTs
 - ▶ Operationsbasiert: CmRDTs
- ▶ Operational Transformation
 - ▶ Strong Eventual Consistency auch ohne kommutative Operationen



Robustheit in verteilten Systemen

Lokal:

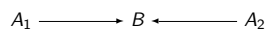
- ▶ Nachrichten gehen nicht verloren
- ▶ Aktoren können abstürzen - Lösung: Supervisor

Verteilt:

- ▶ Nachrichten können verloren gehen
- ▶ Teilsysteme können abstürzen
 - ▶ Hardware-Fehler
 - ▶ Stromausfall
 - ▶ Geplanter Reboot (Updates)
 - ▶ Naturkatastrophen / Höhere Gewalt
 - ▶ Software-Fehler



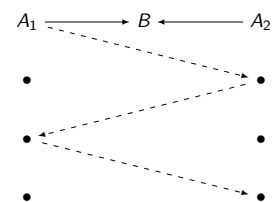
Zwei-Armeen-Problem



- ▶ Zwei Armeen A_1 und A_2 sind jeweils zu klein um gegen den Feind B zu gewinnen.
- ▶ Daher wollen sie sich über einen Angriffszeitpunkt absprechen.



Zwei-Armeen-Problem



- ▶ Unlösbar – Wir müssen damit leben!

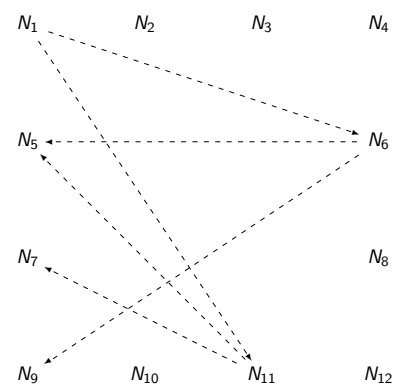


Unsichere Kanäle

- ▶ Unsichere Kanäle sind ein generelles Problem der Netzwerktechnik
- ▶ Lösungsstrategien:
 - ▶ Redundanz – Nachrichten mehrfach schicken
 - ▶ Indizierung – Nachrichten numerieren
 - ▶ Timeouts – Nicht ewig auf Antwort warten
 - ▶ Heartbeats – Regelmäßige „Lebenszeichen“
- ▶ Beispiel: TCP
 - ▶ Drei-Wege Handschlag
 - ▶ Indizierte Pakete



Gossiping



Gossiping

- ▶ Jeder Knoten verbreitet Informationen periodisch weiter an **zufällige** weitere Knoten
- ▶ Funktioniert besonders gut mit CvRDTs
 - ▶ Nachrichtenverlust unkritisch
- ▶ Anwendungen
 - ▶ Ereignis-Verteilung
 - ▶ Datenabgleich
 - ▶ Anti-entropy Protokolle
 - ▶ Aggregate, Suche

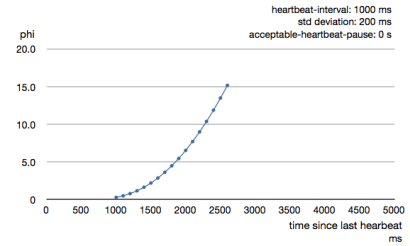
RP SS 2019

9 [24]



Heartbeats

- ▶ Kleine Nachrichten in regelmäßigen Abständen
- ▶ Standardabweichung kann dynamisch berechnet werden
- ▶ $\Phi = -\log_{10}(1 - F(\text{timeSinceLastHeartbeat}))$



RP SS 2019

10 [24]



Akka Clustering

- ▶ Verteiltes Aktorsystem
 - ▶ Infrastruktur wird über gossiping Protokoll geteilt
 - ▶ Ausfälle werden über Heartbeats erkannt
- ▶ **Sharding**: Horizontale Verteilung der Ressourcen
 - ▶ In Verbindung mit Gossiping mächtig

RP SS 2019

11 [24]



(Anti-)Patterns: Request/Response

- ▶ Problem: Warten auf eine Antwort — Benötigt einen Kontext der die Antwort versteht
- ▶ Pragmatische Lösung: Ask-Pattern

```
import akka.patterns.ask

(otherActor ? Request) map {
  case Response => //
}
```

- ▶ Eignet sich nur für sehr einfache Szenarien
- ▶ Lösung: Neuer Akteur für jeden Response Kontext

RP SS 2019

12 [24]



(Anti-)Patterns: Nachrichten

- ▶ Nachrichten sollten **typisiert** sein

```
otherActor ! "add 5 to your local state" // NO
otherActor ! Modify(_ + 5) // YES
```
- ▶ Nachrichten dürfen **nicht** veränderlich sein!

```
val state: scala.collection.mutable.Buffer
otherActor ! Include(state) // NO
otherActor ! Include(state.toList) // YES
```
- ▶ Nachrichten dürfen **keine Referenzen** auf veränderlichen Zustand enthalten

```
var state = 7
otherActor ! Modify(_ + state) // NO
val stateCopy = state
otherActor ! Modify(_ + stateCopy) // YES
```

RP SS 2019

13 [24]



(Anti-)Patterns: State-Leaks

- ▶ Lokaler Zustand darf auf keinen Fall "auslaufen"!

```
var state = 0
(otherActor ? Request) map { case Response => sender !
  RequestComplete }
```
- ▶ Besser?

```
(otherActor ? Request) map { case Response =>
  state += 1; RequestComplete
} pipeTo sender
```
- ▶ So geht's!

```
(otherActor ? Request) map { case Response =>
  self ! IncState
  RequestComplete
} pipeTo sender
```

RP SS 2019

14 [24]



(Anti-)Patterns: Single-Responsibility

- ▶ Problem: Fehler in Komplexen Aktoren sind kaum behandelbar

```
var interestDivisor = initial

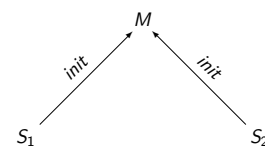
def receive = {
  case Divide(dividend, divisor) =>
    sender ! Quotient(dividend / divisor)
  case CalculateInterest(amount) =>
    sender ! Interest(amount / interestDivisor)
  case AlterInterest(by) =>
    interestDivisor += by
}
```
- ▶ Welche Strategie bei `DivByZeroException`?
- ▶ Ein Akteur sollte immer nur **eine** Aufgabe haben!

RP SS 2019

15 [24]



(Anti-)Patterns: Akteur-Beziehungen



- ▶ Problem: Wer registriert sich bei wem in einer Master-Slave-Hierarchie?
- ▶ Slaves sollten sich beim Master registrieren!
 - ▶ Flexibel / Dynamisch
 - ▶ Einfachere Konfiguration in verteilten Systemen

RP SS 2019

16 [24]



(Anti-)Patterns: Aufgabenverteilung

- ▶ Problem: Nach welchen Regeln soll die Aktorhierarchie aufgebaut werden?
- ▶ **Wichtige** Informationen und zentrale Aufgaben sollten möglichst nah an der Wurzel sein.
- ▶ **Gefährliche** bzw. unsichere Aufgaben sollten immer Kindern übertragen werden.

RP SS 2019

17 [24]



(Anti-)Patterns: Zustandsfreie Aktoren

- ▶ Ein Aktor ohne Zustand

```
class Calculator extends Actor {
  def receive = {
    case Divide(x,y) => sender ! Result(x / y)
  }
}
```

- ▶ Ein Fall für Käpt'n Future!

```
class UsesCalculator extends Actor {
  def receive = {
    case Calculate(Divide(x,y)) =>
      Future(x/y) pipeTo self
    case Result(x) =>
      println("Got it: " + x)
  }
}
```

RP SS 2019

18 [24]



(Anti-)Pattern: Initialisierung

- ▶ Problem: Aktor benötigt Informationen bevor er mit der eigentlichen Arbeit loslegen kann
- ▶ Lösung: Parametrisierter Zustand

```
class Robot extends Actor {
  def receive = uninitialized
  def uninitialized: Receive = {
    case Init(pos,power) =>
      context.become(initialized(pos,power))
  }
  def initialized(pos: Point, power: Int): Receive = {
    case Move(North) =>
      context.become(initialized(pos + (0,1), power - 1))
  }
}
```

RP SS 2019

19 [24]



(Anti-)Patterns: Kontrollnachrichten

- ▶ Problem: Aktor mit mehreren Zuständen behandelt bestimmte Nachrichten in jedem Zustand gleich
- ▶ Lösung: Verkettete partielle Funktionen

```
class Obstacle extends Actor {
  def rejectMoveTo: Receive = {
    case MoveTo => sender ! Reject
  }
  def receive = uninitialized orElse rejectMoveTo
  def uninitialized: Receive = ...
  def initialized: Receive = ...
}
```

RP SS 2019

20 [24]



(Anti-)Patterns: Circuit Breaker

- ▶ Problem: Wir haben eine elastische, reaktive Anwendung aber nicht genug Geld um eine unbegrenzt große Server Farm zu betreiben.
- ▶ Lösung: Bei Überlastung sollten Anfragen nicht mehr verarbeitet werden.

```
class DangerousActor extends Actor with ActorLogging {
  val breaker =
    new CircuitBreaker(context.system.scheduler,
      maxFailures = 5,
      callTimeout = 10.seconds,
      resetTimeout = 1.minute).onOpen(notifyMeOnOpen())

  def notifyMeOnOpen(): Unit =
    log.warning("My CircuitBreaker is now open, and will
      not close for one minute")
}
```

RP SS 2019

21 [24]



(Anti-)Patterns: Message Transformer

```
class MessageTransformer(from: ActorRef, to: ActorRef,
  transform: PartialFunction[Any,Any]) extends Actor {

  def receive = {
    case m => to forward transform(m)
  }
}
```

RP SS 2019

22 [24]



Weitere Patterns

- ▶ Lange Aufgaben unterteilen
- ▶ Aktor Systeme sparsam erstellen
- ▶ Futures sparsam einsetzen
- ▶ `await.result()` **nur** bei Interaktion mit Nicht-Aktor-Code
- ▶ Dokumentation Lesen!

RP SS 2019

23 [24]



Zusammenfassung

- ▶ Nachrichtenaustausch in verteilten Systemen ist unzuverlässig
- ▶ Zwei Armeen Problem
- ▶ Lösungsansätze
 - ▶ Drei-Wege Handschlag
 - ▶ Nachrichtennummerierung
 - ▶ Heartbeats
 - ▶ Gossiping Protokolle
- ▶ Patterns und Anti-Patterns
- ▶ Nächstes mal: Theorie der Nebenläufigkeit

RP SS 2019

24 [24]

