Reaktive Programmierung
Vorlesung 13 vom 22.07.14: Robustheit, Entwurfsmuster und Theorie der Nebenläufigkeit

Christoph Lüth & Martin Ring

Universität Bremen

Sommersemester 2014

Fahrplan

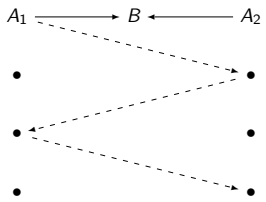
- Teil I: Grundlegende Konzepte
- Teil II: Nebenläufigkeit
- Teil III: Fortgeschrittene Konzepte
  - Bidirektionale Programmierung: Zippers and Lenses
  - Robustheit, Entwurfsmuster und Theorie der Nebenläufigkeit

Robustheit in verteilten Systemen

Lokal:
- Aktoren können abstürzen - Lösung: Supervisor

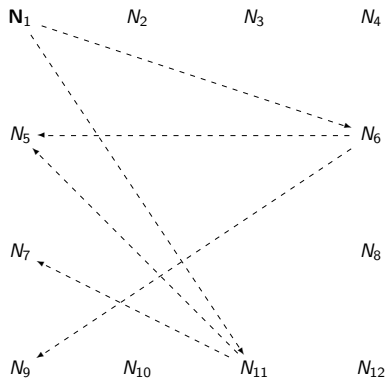
Verteilt:
- Nachrichten können verloren gehen
- Teilsysteme können abstürzen
  - Hardware-Fehler
  - Stromausfall
  - Geplanter Reboot (Updates)
  - Naturkatastrophen / Höhere Gewalt
  - Software-Fehler

Zwei-Armeen-Problem



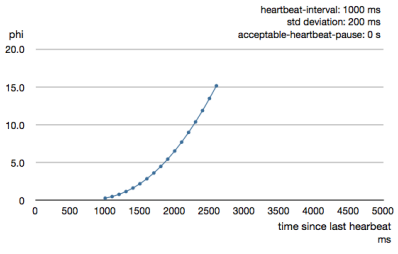
- Unlösbar – Wir müssen damit leben!
- TCP: Drei-Wege-Handschlag + Nummerierte Pakete

Gossipping



Heartbeats

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



Akka Clustering

- Verteiltes Aktorsystem
  - Infrastruktur wird über gossipping Protokoll geteilt
  - Ausfälle werden über Heartbeats erkannt
- Sharding: Horizontale Verteilung der Resourcen
  - In Verbindung mit Event-Sourcing sehr mächtig

(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 Aktor für jeden Response Kontext

(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
```


(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
```


(Anti-)Patterns: Single-Responsibility

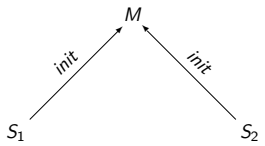
- Problem: Fehler in Komplexen Aktoren sind kaum behandelbar

```
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`?

(Anti-)Patterns: Aktor-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

Patterns: ...

- "Gefährliche Aufgaben" Kindern übertragen!
- Lange Aufgaben unterteilen
- Aktor Systeme sparsam erstellen
- Futures sparsam einsetzen
- `Await.result()` nur bei Interaktion mit Nicht-Aktor-Code
- Dokumentation Lesen!

Prozessalgebren und Modelchecking

- Prozessalgebren und temporale Logik beschreiben Systeme anhand ihrer Zustandsübergänge
- Ein System ist dabei im wesentlichen eine endliche Zustandsmaschine $\mathcal{M} = \langle S, \Sigma, \rightarrow \rangle$ mit Zustandsübergang $\rightarrow \subseteq S \times \Sigma \times S$
- Prozessalgebren erlauben mehrere Zustandsmaschinen und ihre Synchronisation
- Damit modellieren wir nebenläufige Systeme
  - Zur Spezifikation (CSP) aber auch als Berechnungsmodell (π-Kalkül)
- Der Trick ist Abstraktion: mehrere interne Zustandsübergänge werden zu einem Zustandsübergang zusammengefaßt

Beispiel: ein Flugbuchungssystem

- Operationen des Servers:
  - Nimmt Anfragen an, schickt Resultate (mit flid)
  - Nimmt Buchungsanfragen an, schickt Bestätigung (ok) oder Fehler (fail)
  - Nimmt Stornierung an, schickt Bestätigung
- Unterscheidung zwischen interner Auswahl $\sqcap$ (Server trifft Entscheidung) und externer Auswahl $\Box$ (Server reagiert)

$$\begin{aligned} SERVER = \; & query?(from, to) \rightarrow result!flid \rightarrow SERVER \\ & \Box\ booking?flid \rightarrow (ok \rightarrow SERVER \sqcap fail \rightarrow SERVER) \\ & \Box\ cancel?flid \rightarrow ok \rightarrow SERVER \end{aligned}$$

Beispiel: ein Flugbuchungssystem

- Der Client:
  - Stellt Anfrage
  - wenn der Flug richtig ist, wird er gebucht;
  - oder es wird eine neue Anfrage gestellt.

$$\begin{aligned} CLIENT \; = \; & query!(from, to) \rightarrow result?flid \rightarrow \\ & (booking!flid \rightarrow \; (ok \rightarrow CLIENT \\ & \qquad \Box\ fail \rightarrow CLIENT) \\ & \sqcap\ CLIENT) \end{aligned}$$

- Das Gesamtsystem — Client und Server synchronisiert:

$$SYSTEM = CLIENT \parallel SERVER$$

- Problem: Deadlock
  - Es gibt Werkzeuge (Modelchecker, z.B. FDR), um solche Deadlocks in Spezifikationen zu finden