Reaktive Programmierung
Vorlesung 10 vom 24.06.14: The Actor Model

Christoph Lüth & Martin Ring

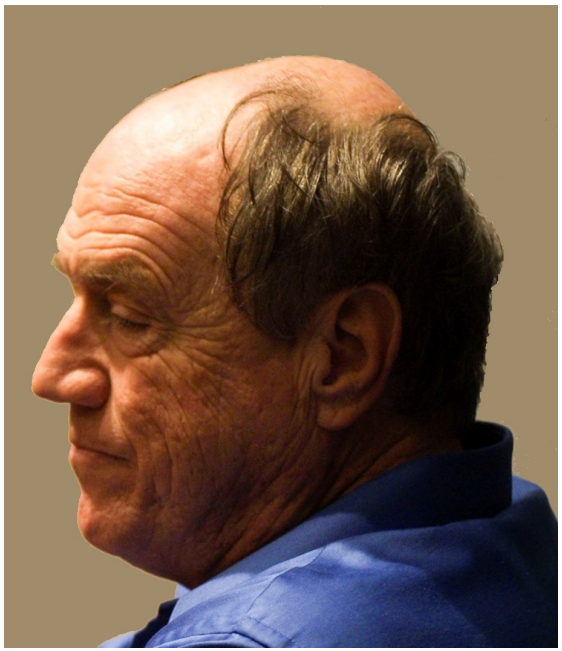
Universität Bremen

Sommersemester 2014

Fahrplan

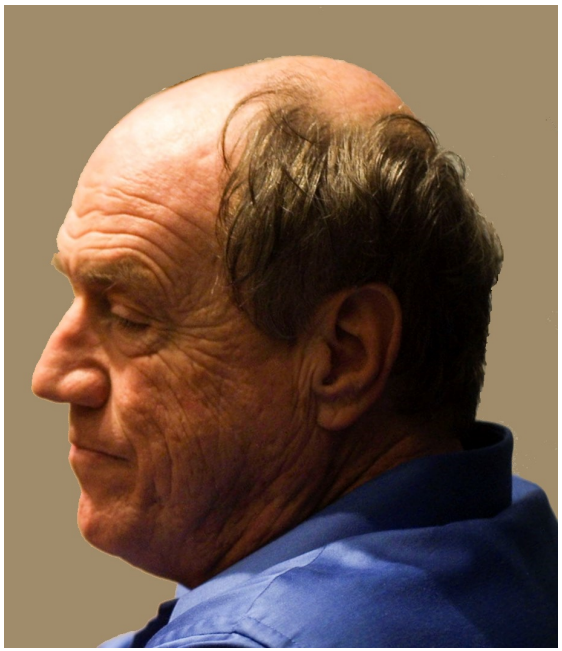
- Teil I: Grundlegende Konzepte
- Teil II: Nebenläufigkeit
  - Futures and Promises
  - Reaktive Datenströme I
  - Reaktive Datenströme II
  - Funktional-Reaktive Programmierung
  - Das Aktorenmodell
  - Aktoren und Akka
- Teil III: Fortgeschrittene Konzepte

Das Aktorenmodell



- Eingeführt von Carl Hewitt, Peter Bishop und Richard Steiger (1973)
- Grundlage für nebenläufige Programmiersprachen und Frameworks. (Unter anderem Akka)
- Theoretisches Berechnungsmodell

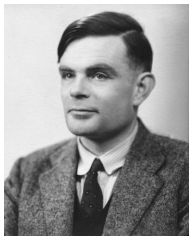
Das Aktorenmodell



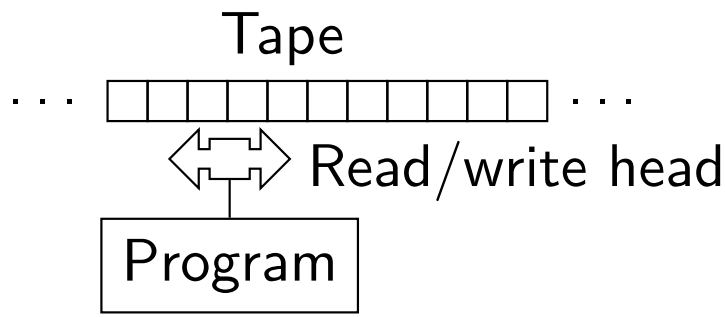
- Eingeführt von Carl Hewitt, Peter Bishop und Richard Steiger (1973)
- Grundlage für nebenläufige Programmiersprachen und Frameworks. (Unter anderem Akka)
- Theoretisches Berechnungsmodell

Warum ein weiteres Berechnungsmodell? Es gibt doch schon die Turingmaschine!

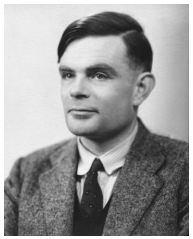
Die Turingmaschine



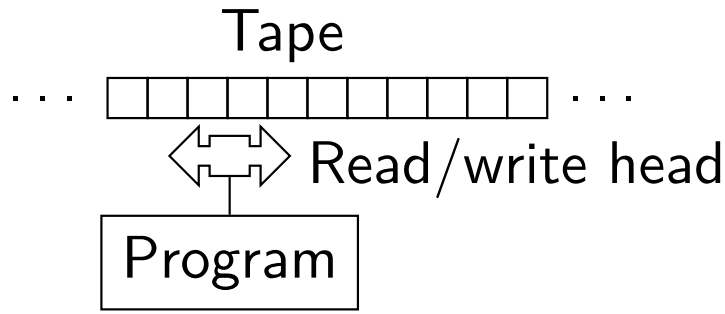
> "the behavior of the computer at any moment is determined by the symbols which he [the computer] is observing, and his 'state of mind' at that moment"
>
> — Alan Turing



Die Turingmaschine

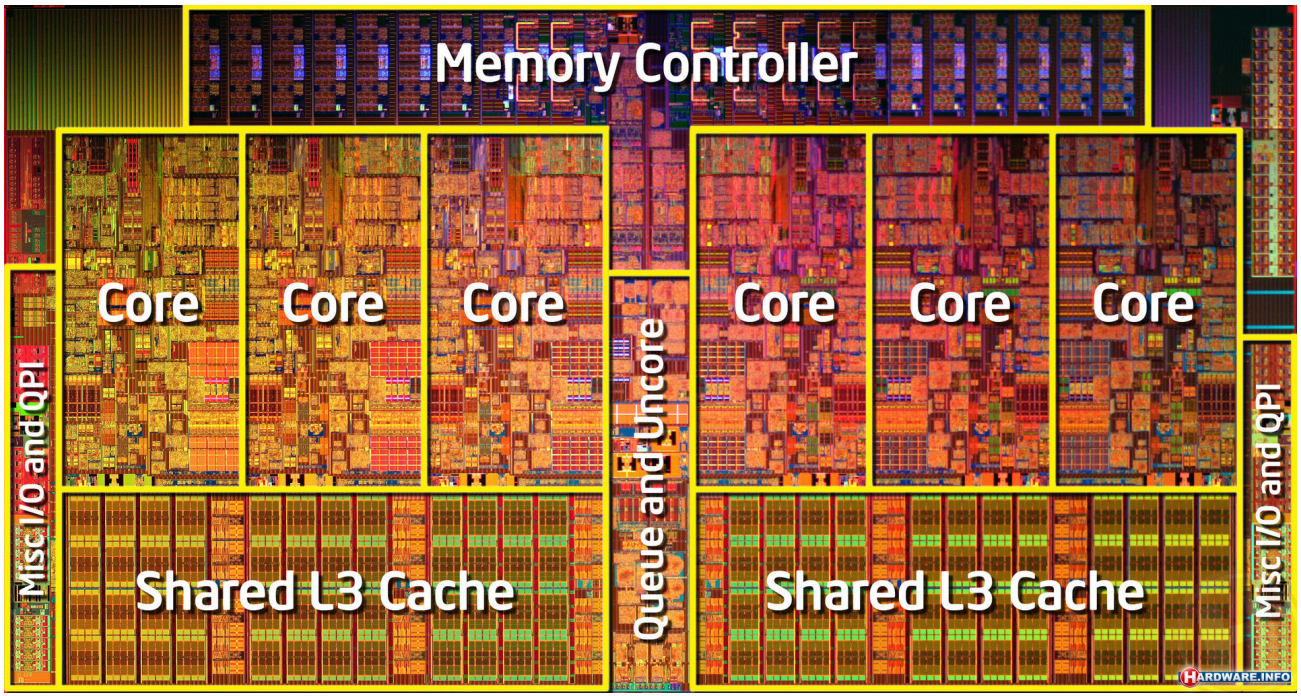


"the behavior of the computer at any moment is determined by the symbols which he [the computer] is observing, and his 'state of mind' at that moment" — Alan Turing



It is "absolutely impossible that anybody who understands the question [What is computation?] and knows Turing's definition should decide for a different concept." — Kurt Gödel

Die Realität



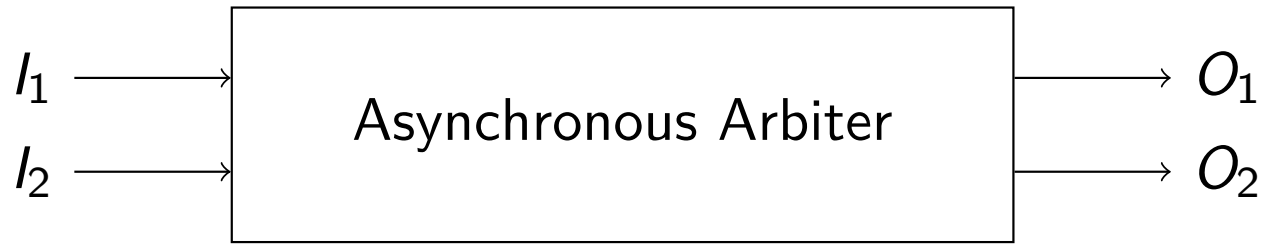
- $3GHz = 3'000'000'000Hz \Longrightarrow$ Ein Takt $= 3,333 * 10^{-10}s$
- $c = 299'792'458\frac{m}{s}$
- Maximaler Weg in einem Takt $< 0,1m$ (Physikalische Grenze)

Synchronisation

- Während auf ein Signal gewartet wird, kann nichts anderes gemacht werden
- Synchronisation ist nur in engen Grenzen praktikabel! (Flaschenhals)

Der Arbiter

- Die Lösung: Asynchrone Arbiter



- Wenn I_1 und I_2 fast ($\approx 2fs$) gleichzeitig aktiviert werden, wird entweder O_1 oder O_2 aktiviert.
- Physikalisch unmöglich in konstanter Zeit. Aber Wahrscheinlichkeit nimmt mit der Zeit exponentiell ab (Unbounded indeterminancy)
- Nicht modellierbar mit Turingmaschinen
- kommen aber in modernen Computern überall vor

Das Aktorenmodell

> Quantum mechanics indicates that the notion of a universal description of the state of the world, shared by all observers, is a concept which is physically untenable, on experimental grounds. — Carlo Rovelli

- Frei nach der relationalen Quantenphysik

Drei Grundlagen

- Verarbeitung
- Speicher
- Kommunikation

- Die Turingmaschine ist ein Spezialfall des Aktorenmodells
- Ein Aktorensystem besteht aus Aktoren (Alles ist ein Aktor!)

Aktoren

- Ein Aktor verarbeitet Nachrichten (sequenziell) in FIFO Reihenfolge

Während ein Aktor eine Nachricht verarbeitet kann er

- neue Aktoren erzeugen
- Nachrichten an bekannte Aktor-Referenzen versenden
- festlegen wie die nächste Nachricht verarbeitet werden soll

- Aktor $\neq$ (Thread | Task | Channel | ...)

Kommunikation

- Nachrichten sind unveränderliche Daten oder Futures
- Die Zustellung von Nachrichten passiert höchstens einmal (Best-effort)

- Wenn z.B. die Netzwerkverbindung abbricht, wird gewartet, bis der Versand wieder möglich ist
- Wenn aber z.B. der Computer direkt nach Versand der Nachricht explodiert (oder der Speicher voll läuft), kommt die Nachricht möglicherweise niemals an

- Über den Zeitpunkt des Empfangs kann keine Aussage getroffen werden (Unbounded indeterminancy)
- Über die Reihenfolge der Empfangenen Nachrichten wird im Aktorenmodell keine Aussage gemacht (In vielen Implementierungen allerdings schon)
- Nachrichtenversand $\neq$ (Queue | Lock | Channel | ...)

Identifkation

- Aktoren werden über Identitäten angesprochen

Aktoren kennen Identitäten

- aus einer empfangenen Nachricht
- aus der Vergangenheit
- von Aktoren die sie selbst erzeugen

- Nachrichten können weitergeleitet werden
- Eine Identität kann zu mehreren Aktoren gehören, die der Halter der Referenz äußerlich nicht unterscheiden kann
- Eindeutige Identifikation bei verteilten Systemen nur durch Authentisierungsverfahren möglich

Location Transparency

- Eine Aktoridentität kann irgendwo hin zeigen
  - Gleicher Thread
  - Gleicher Prozess
  - Gleicher CPU Kern
  - Gleiche CPU
  - Gleicher Rechner
  - Gleiches Rechenzentrum
  - Gleicher Ort
  - Gleiches Land
  - Gleicher Kontinent
  - Gleicher Planet
  - ...

Beispiel

Inkonsistenz

- Ein Aktorsystem hat keinen globalen Zustand (Pluralismus)
- Informationen in Aktoren sind global betrachtet redundant, inkonsistent oder lokal
- Konsistenz $\neq$ Korrektheit
- Wo nötig müssen duplizierte Informationen konvergieren, wenn *"längere Zeit"* keine Ereignisse auftreten (Eventual consistency)

"Let it Crash!"

- Indeterminismus ist statisch kaum analysierbar
- Unschärfe beim Testen von verteilten Systemen
- Selbst wenn ein Programm fehlerfrei ist kann Hardware ausfallen
- Je verteilter ein System umso wahrscheinlicher geht etwas schief

- Deswegen:
  - Offensives Programmieren
  - Statt Fehler zu vermeiden, Fehler behandeln!
  - Teile des Programms kontrolliert abstürzen lassen und bei Bedarf neu starten

Das Aktorenmodell in der Praxis

- Erlang (Aktor-Sprache)
  - Ericsson - GPRS, UMTS
  - T-Mobile - SMS
  - WhatsApp (2 Millionen Nutzer pro Server)
  - Facebook Chat (100 Millionen simultane Nutzer)
  - Amazon SimpleDB
  - ...
- Akka (Scala Framework)
  - ca. 50 Millionen Nachrichten / Sekunde
  - ca. 2,5 Millionen Aktoren / GB Heap
  - Amazon, Cisco, Blizzard, LinkedIn, BBC, The Guardian, Atos, The Huffington Post, Ebay, Groupon, Credit Suisse, Gilt, KK, ...

Zusammenfassung

- Das Aktorenmodell beschreibt Aktorensysteme
- Aktorensysteme bestehen aus Aktoren
- Aktoren kommunizieren über Nachrichten
- Aktoren können überall liegen (Location Transparency)
- Inkonsistenzen können nicht vermieden werden: Let it crash!
- Vorteile: Einfaches Modell; keine Deadlocks/Race Conditions; Sehr schnell in Verteilten Systemen
- Nachteile: Informationen müssen dupliziert werden; Keine vollständige Implementierung