

Verteilte Systeme

Einführung

Sommersemester 2025

Tobias Distler

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl Informatik 4 (Systemsoftware)



Lehrstuhl für Informatik 4
Systemsoftware



**FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG**
TECHNISCHE FAKULTÄT

Einführung

Überblick

Eigenschaften und Herausforderungen

Vom lokalen zum verteilten System

- Typische Merkmale verteilter Systeme
 - **Mehrere Rechner**, die unabhängig voneinander ausfallen können
 - **Verbindung durch ein Netzwerk**
 - Interaktion nur durch Nachrichtenaustausch möglich
 - Netzwerk unzuverlässig und mit variablen Latenzen
 - Moderate Übertragungsgeschwindigkeit im Vergleich zu Mehrkernsystemen
 - Unterschied zu Parallelrechnern
 - **Kooperation der Rechner** zur Lösung einer gemeinsamen Aufgabe
- Definition von [Tanenbaum et al.]

„Ein verteiltes System ist eine **Kollektion unabhängiger Computer**, die ihren Nutzern wie ein einzelnes **einheitliches System** erscheint.“

■ Literatur



Andrew S. Tanenbaum and Maarten van Steen
Distributed systems: Principles and paradigms (2nd edition)
Prentice-Hall, Inc., 2006.

Einführung

Überblick

Eigenschaften und Herausforderungen

Vom lokalen zum verteilten System

Verteiltheit und ihre Konsequenzen

■ Ausprägungen

■ Physische Verteiltheit

- Hardware: **Erhöhte Latenzen** aufgrund von Entfernungen
- Software: Unabhängige Prozesse auf verschiedenen Rechnern

■ Logische Verteiltheit

- Aufteilung von Aufgaben auf **mehrere eigenständige Komponenten**
- Kein Alleinstellungsmerkmal physisch verteilter Systeme
- Problemstellungen verteilter Systeme auch in Mehrkernrechnern zu finden

■ Konsequenzen

- Knoten haben **nicht zwingend dieselbe Sicht** auf den Systemzustand
- Unschärfeprinzip: Knotensicht auf den Systemzustand ist
 - entweder aktuell, aber unvollständig
 - oder vollständig, aber veraltet
- Herangehensweise
 - Kein Verlass auf globale Sichten
 - **Kombination der lokalen Sichten** unterschiedlicher Knoten

■ Nebenläufigkeit

- Rechner stellen Betriebsmittel zur gemeinsamen Nutzung zur Verfügung
- „Gleichzeitige“, sich **überlappende Zugriffe sind wahrscheinlich**
- Koordinierung der Zugriffe erfordert mitunter verteilte Algorithmen

■ Fehlerbehandlung

- Umgang mit **verschiedenen Fehlerklassen**
 - Ausfälle
 - Beliebiges Fehlerverhalten (*Byzantinische Fehler*)
- Wünschenswerte Maßnahmen sind nicht in jedem Fall praktikabel
 - Fehlererkennung
 - Fehlertolerierung
- Wiederherstellung nach unterschiedlichen Fehlerarten
 - Transiente Fehler: **Automatisierte Mechanismen** zur Konsistenzwahrung
 - Permanente Fehler: Manuelle Reparatur fehlerhafter Komponenten

Eigenschaften und Herausforderungen

- Heterogenität
 - Bestandteile eines verteilten Systems sind **nicht notwendigerweise gleichartig**
 - Beispiele
 - Hardware: Smartwatch vs. Server
 - Programmiersprachen: Java vs. C/C++
- Indirekte Bindung
 - Konfigurierung als dynamischer Vorgang
 - **Bindungsunterstützung zur Laufzeit** erforderlich
- Kein einheitlicher Namensraum
 - Zusammenschluss **verschiedener Namensräume**
 - Namensauflösung muss gegebenenfalls über Verwaltungsgrenzen erfolgen
- Kein gemeinsamer Speicher
 - Gültigkeit von Speicherreferenzen ist auf jeweiligen Rechner beschränkt
 - Maßnahmen zum **Umgang mit Referenzen** erforderlich

Einführung

Überblick

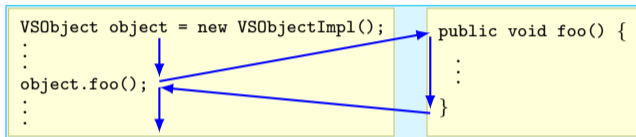
Eigenschaften und Herausforderungen

Vom lokalen zum verteilten System

Vom lokalen zum verteilten System

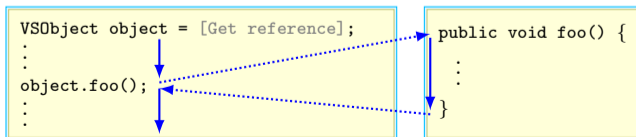
■ Methodenaufruf im **lokalen System**

- Ausführung der Methode im Thread des Aufrufers
- Kein Fortschritt beim Aufrufer während der Methodenausführung



■ Methoden**fer**naufruf im **verteilten System**

- Rollenverteilung: Aufrufer (*Client*) und Aufgerufener (*Server*)
- Client-Prozess unabhängig vom Server-Prozess
- Anwendungsbeispiel: Auslagerung aufwändiger Operationen



■ Zentrale Frage: **Soll die Verteiltheit dem Client verborgen werden?**

- Ja → Ähnliche Sicht wie im lokalen Fall
- Nein → Verteiltheit als Basis für Entwicklungsentscheidungen

■ Netzwerktransparenz

- Zugriffstransparenz
 - Lokale und entfernte Zugriffe erfolgen über **identische Aufrufe**
 - API: Keine Unterscheidung zwischen lokalen und entfernten Operationen
- Ortstransparenz
 - Zugriff auf Ressourcen **ohne Wissen über ihren Aufenthaltsort**
 - System muss sich um das Auffinden von Ressourcen kümmern

■ Migrations-/Mobilitätstransparenz

- Ortswechsel von Clients oder Ressourcen zur Laufzeit möglich
- Keine Beeinträchtigung durch **Ortswechsel von Komponenten**

- **Redundante Auslegung** der Server-Seite
 - Fehlertoleranz
 - Schutz vor Server-Ausfällen
 - Steigerung der Verfügbarkeit eines Diensts
 - Mehraufwand für Konsistenzwahrung

- Georeplikation
 - Verbesserte Fehlertoleranz durch **geografische Verteilung der Replikate**
 - Leistungseinbußen aufgrund hoher Latenzen

- **Replikationstransparenz**
 - Server-Seite erscheint dem Client als eine Einheit
 - Vorteil: Fehlertransparenz durch dynamischen Replikatwechsel realisierbar
 - Nachteil: Automatische Wahl des Replikats in manchen Fällen ineffizient