

Evaluation von Synchronisations- und Konfliktlösungsverfahren im Web-Umfeld

Martin Eigenmann

30. Mai 2015

1

Abstract

2

Danksagungen

Zunächst möchte ich an all diejenigen meinen Dank richten, die mich während der Durchführung der Thesis unterstützt und motiviert haben. Auch ist allen, die während des Studiums mehr Geduld und Verständnis für mich aufbrachten ein ganz spezieller Dank geschuldet.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinem Betreuer Philip Stanik bedanken, der immer vollstes Vertrauen in meine Fähigkeiten besass, mich durch kritisches Hinterfragen und Anregungen zum richtigen Zeitpunkt bestens unterstützt hat.

Auch meinem Arbeitgeber ist an diesem Punkt ein grosses Dankeschön für die gute und freundschaftliche Unterstützung geschuldet. Ohne die Flexibilität des Vorgesetzten und der Mitarbeiter wäre diese Arbeit nicht durchführbar gewesen.

Nicht zuletzt gebührt auch meinen Eltern Dank, ohne die ich das Studium nicht durchgestanden hätte.

3

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------------|
| 1 Abstract | i |
| 2 Danksagungen | ii |
| 3 Inhaltsverzeichnis | iii |
| 4 Personalienblatt | vi |
| 5 Bestätigung | vii |
| | |
| I Präambel | 1 |
| | |
| 6 Einleitung | 2 |
| 6.1 Motivation und Fragestellung | 2 |
| 6.2 Aufgabenstellung | 3 |
| 6.3 Abgrenzung der Arbeit | 3 |
| 6.4 Sprache | 4 |
| 6.5 Richtlinien | 4 |
| | |
| 7 Aufbau der Arbeit | 5 |
| | |
| II Grundlagen | 6 |
| | |
| 8 Recherche | 7 |
| 8.1 Fachbegriffe | 7 |
| 8.2 Erläuterung der Grundlagen | 7 |
| 8.3 Replikationsverfahren | 10 |
| 8.4 Synchronisationsverfahren | 11 |
| | |
| 9 Analyse | 13 |
| 9.1 Synchronisationsproblem | 13 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 9.2 | Datenanalyse | 15 |
| 9.3 | Datenanalyse der Synchronisationsprobleme | 16 |
| 9.4 | Datenanalyse von „echten“ Fällen | 17 |
| 9.5 | Überprüfung der Klassifikation | 18 |
| III | Konzept | 19 |
| 10 | Konzeptansätze | 20 |
| 10.1 | Synchronisation | 20 |
| 10.2 | Datenhaltung | 20 |
| 10.3 | Konfliktvermeidung | 22 |
| 10.4 | Konfliktauflösung | 23 |
| 11 | Konzept Untersuchung | 27 |
| 11.1 | Datenhaltung | 27 |
| 11.2 | Konfliktvermeidung | 29 |
| 11.3 | Konfliktauflösung | 30 |
| 11.4 | Zusammenfassung | 32 |
| 12 | Design des Prototypen | 34 |
| 12.1 | Design-Ansätze | 34 |
| 12.2 | Entscheid | 34 |
| 12.3 | Design | 35 |
| 12.4 | Beispielapplikation | 38 |
| IV | Implementation | 39 |
| 13 | Prototyp | 40 |
| 13.1 | Umsetzung | 40 |
| 13.2 | Technologie Stack | 40 |
| 13.3 | Entwicklungsumgebung | 41 |
| 13.4 | Entwicklung | 41 |
| 13.5 | Grafische Umsetzung Fallbeispiel | 41 |
| 14 | Testing | 42 |
| 14.1 | Unit-Testing | 42 |
| 14.2 | Integration-Testing | 42 |
| V | Ausklang | 43 |
| 15 | Review | 44 |
| 15.1 | Validation | 44 |
| 15.2 | Ausblick | 44 |
| 16 | Fazit und Schlusswort | 45 |
| A | Appendix | 46 |
| A.1 | Glossar | 46 |

| | |
|--|-----------|
| A.2 Aufgabenstellung | 46 |
| B Detailanalyse der Aufgabenstellung | 49 |
| B.1 Aufgabenstellung und erwartete Resultate | 49 |
| B.2 Aufwandschätzung | 50 |
| C Projektmanagement | 51 |
| C.1 Projektplanung | 51 |
| C.2 Termine | 51 |
| C.3 Dokumentation | 52 |
| C.4 Versionsverwaltung | 52 |
| D Anforderungsanalyse | 53 |
| D.1 Vorgehensweise | 53 |
| D.2 Risiken | 57 |
| E Verzeichnisse | 58 |
| E.1 Quellenverzeichnis | 58 |
| E.2 Tabellenverzeichnis | 59 |
| E.3 Abbildungsverzeichnis | 59 |

4

Personalienblatt

| | |
|---------------|---------------------|
| Name, Vorname | Eigenmann, Martin |
| Adresse | Harfenbergstrasse 5 |
| Wohnort | 9000 St.Gallen |
| Geboren | 4. Juli 1990 |
| Heimatort | Waldkirch |

5

Bestätigung

Hiermit versichere ich, die vorliegende Bachelorthesis eigenständig und ausschliesslich unter Verwendung der angegebenen Hilfsmittel angefertigt zu haben.

Alle öffentlichen Quellen sind als solche kenntlich gemacht. Die vorliegende Arbeit ist in dieser oder anderer Form zuvor nicht als Semesterarbeit zur Begutachtung vorgelegt worden.

St.Gallen 1.05.2015

Martin Eigenmann

Teil I.

Einleitung und Abgrenzung

6

Einleitung

6.1. Motivation und Fragestellung

Der Zugriff auf Services und Medien mittels mobiler Geräte steigt beständig an. So ist im Mai 2014, 60% der Zeit, die online verbracht wird, über Handy und Tablet zugegriffen worden - davon 51% mittels mobiler Applikationen. [6]



Abbildung 6.1.: Verteilung der online verbrachten Zeit nach Plattform (Grafik erstellt gemäss der Daten von [6])

Angesichts der grossen Verbreitung und Nutzung von Services und Medien im Internet, wird eine unterbrechungsfreie Benutzbarkeit, auch ohne Internetverbindung, immer selbstverständlicher und somit auch immer wichtiger.

„It's clear that the mobile industry has finally given up on the fantasy that an Internet connection is available to all users at all times. Reality has set in. And in

the past month, we've seen a new wave of products and services that help us go offline and still function.“ Elgan [3]

Es stellt sich nun die Frage, wie Informationen, über Verbindungsunterbrüche hinweg, integer gehalten werden können. Und wie Daten im mobilen Umfeld synchronisiert, aktualisiert und verwaltet werden könne, so dass, für den Endbenutzer schlussendlich kein Unterschied zwischen Online- und Offline-Betrieb mehr wahrnehmbar ist.

Während der Bearbeitung meiner Semesterarbeit hatte ich mich bereits mit der Synchronisation von Daten zwischen Backend und Frontend beschäftigt, wobei aber der Fokus klar auf der Logik des Backends lag. Die erarbeitete Lösung setzte eine ständige Verbindung zwischen Client und Server voraus, was bei der praktischen Umsetzung zu erheblichen Einschränkungen für die Benutzer führte.

Mein starkes persönliches Interesse zur Analyse und Verbesserung dieser Prozesse treibt mich an, diese Arbeit durch zu führen.

6.2. Aufgabenstellung

Die von der Studiengangsleitung für Informatik freigegebene Aufgabenstellung ist im Appendix unter „Aufgabenstellung“ aufgeführt.

6.3. Abgrenzung der Arbeit

Grosse Anbieter von Web-Software wie Google und Facebook arbeiten intensiv an spezifischen Lösungen für ihre Produkte. Zwar werden in Talks Techniken und Lösungsansätze erläutert (Facebook stellt Flux und Message-Driven Architecture vor¹), wissenschaftliche Arbeiten darüber, sind jedoch nicht publiziert.

Ich möchte in dieser Arbeit einen allgemeinen Ansatz erarbeiten und die Grenzen ausloten, um so zu zeigen, wo die Limitationen der Synchronisation liegen.

Die Arbeit eröffnet mit ihrer Fragestellung ein riesiges Gebiet und wirft neue Fragestellungen auf. Die ursprüngliche Fragestellung wird vertieft behandelt, ohne auf Neue in gleichem Masse einzugehen.

Die zu synchronisierenden „Real World“ Fälle sind sehr unterschiedlich und nicht generalisierbar. Es sind zwei exemplarische Anwendungsfälle erarbeitet, auf welchen die Untersuchungen durchgeführt werden.

Zusätzlich wird die Arbeit durch folgende Punkte klar abgegrenzt:

- Die Informationsbeschaffung findet ausschliesslich in öffentlich zugänglichen Bereichen statt. (Internet/Bibliothek)
- Grundsätzliches Wissen zu Prozessen und Frameworks wird vorausgesetzt und nur an Schlüsselstellen näher erklärt.

¹<https://www.youtube.com/watch?v=KtmjkCuV-EU>

6.4. Sprache

6.5. Richtlinien

7

Aufbau der Arbeit

*Teil i - **Präambel** - Einleitung und Abgrenzung*

*Teil ii - **Grundlagen** - Technische Grundlagen und Architekturen*

Das Kapitel Recherche setzt sich mit den Grundlagen, Fachbegriffen und bekannten Verfahren zur Synchronisation und Replikation auseinander.

Im Kapitel Analyse werden die Grundlagen geschaffen um darauf Konzepte zu erstellen. Es wird eine Analyse der zu synchronisierenden Daten erstellt und überprüft ob eine sinnvolle Klassifikation durchführbar ist.

*Teil iii - **Konzept** - Konzeption und Konzeptüberprüfung*

In diesem Teil der Thesis. . .

Ich überprüfe die erarbeiteten Konzepte auch auf deren Wirksamkeit. . .

*Teil iv - **Implementation** - Implementierung und Testing*

Dieser Teil beschäftigt sich mit der Entwicklung des Prototypen. Obwohl Testing und Implementation immer zusammen umgesetzt werden, ist in dieser Arbeit eine Aufteilung in die beiden Kapitel Prototyp und Testing gewählt, um dem Leser. . .

*Teil v - **Ausklang** - Abschluss und Ausblick*

In diesem Teil wird evaluiert, ob die erarbeiteten und implementierten Konzepte der Aufgabenstellung genügen. . .

Teil II.

**Technische Grundlagen und
Architekturen**

8

Recherche

8.1. Fachbegriffe

Eine Aufführung und dazugehörige Ernährung der für das Verständnis der Arbeit notwendigen Fachbegriffe befindet sich im Anhang unter dem Kapitel „Glossar“.

8.2. Erläuterung der Grundlagen

8.2.1. Datenbanken

Eine Datenbank ¹ ist ein System zur Verwaltung und Speicherung von strukturierten Daten. Erst durch den Kontext des Datenbankschemas wird aus den Daten Informationen, die zur weiteren Verarbeitung genutzt werden können. Ein Datenbanksystem umfasst die beiden Komponenten Datenbankmanagementsystem (DBMS) sowie die zu veraltenden Daten selbst.

Ein DBMS muss die vier Aufgaben ² erfüllen.

- Atomarität
- Konsistenzerhaltung
- Isolation
- Dauerhaftigkeit

Neben den vielen neu auf den Markt erschienen Technologien wie Document Store oder Key-Value Store ist das Relationale Datenbankmodell immer noch am weitesten verbreitet. [2].

¹In der Literatur oft auch als **DatenBankSystemen** (DBS) oder Informationssystem bezeichnet. [7, pp. 3-4]

²Bekannt als ACID-Prinzip [7, pp.105] umfasst es **A**tomicity, **C**onsistency, **I**solation und **D**urability.

8.2.2. Monolithische Systeme

Als Monolithisch wird ein logisches System bezeichnet, wenn es in sich geschlossen, ohne Abhängigkeiten zu anderen Systemen operiert. Alle zur Erfüllung der Aufgaben benötigten Ressourcen sind im System selbst enthalten. Es müssen also keine Ressourcen anderer Systeme alloziert werden und somit ist auch keine Kommunikation oder Vernetzung notwendig. Das System selbst muss jedoch nicht notwendigerweise aus nur einem Rechenknoten bestehen, sondern darf auch als Cluster implementiert sein.

8.2.3. Verteilte Systeme

Man kann zwischen physisch und logisch verteilten Systemen unterscheiden. Weiter kann das System auf verschiedenen Abstraktionsstufen betrachtet werden. So sind je nach Betrachtungsvektor unterschiedliche Aspekte relevant und interessant. [11]

physisch verteilte Systeme

Rechnernetze und Cluster-Systeme werden typischerweise als physisch verteiltes System betrachtet. Die Kommunikation zwischen den einzelnen Rechenknoten erfolgt nachrichtenorientiert und ist somit asynchron ausgelegt. Jeder Rechenknoten verfügt über exklusive Speicherressourcen und einen eigenen Zeitgeber.

Durch die Implementation eines Systems über mehrere unabhängige physische Rechenknoten kann eine erhöhte Ausfallsicherheit und/oder ein Performance-Gewinn erreicht werden.

logisch verteilte Systeme

Falls innerhalb eines Rechenknoten echte Nebenläufigkeit³ oder Modularität⁴ erreicht wird, kann von einem logisch verteilten System gesprochen werden. Einzelne Rechenschritte und Aufgaben werden unabhängig voneinander auf der selben Hardware ausgeführt. Dies ermöglicht den flexiblen Austausch⁵ einzelner Module.

8.2.4. Verteilte Algorithmen

Verteilte Algorithmen sind Prozesse welche miteinander über Nachrichten (synchron oder asynchron) kommunizieren und so idealerweise ohne Zentrale Kontrolle eine Kooperation erreichen. [10]

Performance-Gewinn, bessere Skalierbarkeit und eine bessere Unterstützung von verschiedenen Hardware-Architekturen kann durch den Einsatz von verteilten Algorithmen erreicht werden.

³Von echter Nebenläufigkeit wird gesprochen, wenn verschiedene Prozesse zur selben Zeit ausgeführt werden. (Multiprozessor)

⁴Modularität beschreibt die Unabhängigkeit und Austauschbarkeit einzelner (Software-) Komponenten. (Auch Lose Kopplung genannt)

⁵Austauschbarkeit einzelner Programmteile wird durch die Einhaltung der Grundsätze von modularer Programmierung erreicht.

8.2.5. Verteilte Datenbanken

8.2.6. Replikation

Replikation vervielfacht ein sich möglicherweise mutierendes Objekt (Datei, Dateisystem, Datenbank usw.), um hohe Verfügbarkeit, hohe Performance, hohe Integrität oder eine beliebige Kombination davon zu erreichen. [1, p. 19]

Synchrone Replikation

Eine synchrone Replikation stellt sicher, dass zu jeder Zeit der gesamte Objektbestand auf allen Replikationsteilnehmern identisch ist.

Wird ein Objekt eines Replikationsteilnehmers mutiert, wird zum erfolgreichen Abschluss dieser Transaktion, von allen anderen Replikationsteilnehmern verlangt, dass sie diese Operation ebenfalls erfolgreich abschliessen.

Üblicherweise wird dies über ein Primary-Backup Verfahren realisiert. Andere Verfahren wie der 2-Phase-Commit und 3-Phase-Commit ermöglichen darüber hinaus auch das synchrone Editieren von Objekten auf allen Replikationsteilnehmern. [1, p. 23ff, 134ff]

Asynchrone Replikation

Eine asynchrone Replikation, stellt periodisch sicher, dass der gesamte Objektbestand auf allen Replikationsteilnehmern identisch ist. Mutationen können nur auf dem Master-Knoten durchgeführt werden. Einer oder mehrere Backup-Knoten übernehmen dann periodisch die Mutationen. Entgegen der synchronen Replikation müssen nicht alle Replikationsteilnehmer zu jedem Zeitpunkt verfügbar sein⁶.

Merge Replikation

Die merge Replikation erlaubt das mutieren der Objekte auf jedem beliebigen Replikationsteilnehmer.

Mutationen auf einem einzelnen Replikationsteilnehmer werden periodisch allen übrigen Replikationsteilnehmern mitgeteilt. Da ein Objekt zwischenzeitlich⁷ auch auf anderen Teilnehmern mutiert worden sein kann, müssen während des Synchronisationsvorgang⁸ eventuell auftretenden Konflikte aufgelöst werden.

⁶So kann der Backup-Knoten nur Nachts über verfügbar sein, damit der dazwischen liegende Kommunikationsweg Tags über nicht belastet wird.

⁷Zwischen der lokalen Mutation und der Publikation dieser an die übrigen Replikationsteilnehmer, liegt eine beliebige Latenz.

⁸Da die Replikation nicht notwendigerweise nur unidirektional, sondern im Falle von einem Multi-Master Setup auch bidirektional durchgeführt werden kann, wird hier von einer Synchronisation gesprochen.

8.2.7. Block-Chain

Die Block-Chain ist eine verteilte Datenbank die ohne Zentrale Autorität auskommt. Jede Transaktion wird kryptographisch gesichert der Kette von Transaktionen hinzugefügt. So ist das entfernen oder ändern vorhergehender Einträge nicht mehr möglich⁹. Jeder Teilnehmer darf also alle Einträge lesen und neue Einträge hinzufügen. Da Einträge nur hinzugefügt werden und nie ein Eintrag geändert wird, kann eine Block-Chain immer ohne Synchronisationskonflikte repliziert werden. Konflikte können nur in den darüberlegenden logischen Schichten¹⁰ auftreten.
[9]

8.3. Replikationsverfahren

8.3.1. MySQL

Das Datenbanksystem MySQL unterstützt asynchrone als auch synchrone Replikation. Beide Betriebsmodi können entweder in der Master-Master¹¹ oder in der Master-Slave Konfiguration betreiben werden.

Die Master-Slave Replikation unterstützt nur einen einzigen Master und daher werden Mutationen am Datenbestand nur vom Master entgegengenommen und verarbeitet. Ein Slave-Knoten kann aber im Fehlerfall des Masters, sich selbst zum Master befördern.

Der Master-Master Betrieb erlaubt die Mutation des Datenbestand auf allen Replikationsteilnehmern. Dies wird mit dem 2-Phase-Commit (2PC) Protokoll erreicht. Somit sind Konflikte beim Betrieb eines Master-Master Systems ausgeschlossen.

2-Phase-Commit Protokoll

Um eine Transaktion erfolgreich abzuschliessen, müssen alle daran beteiligten Datenbanksysteme bekannt und in einem Zustand sein, in dem sie die Transaktion durchführen (commit) oder nicht (roll back). Die Transaktion muss auf allen Datenbanksystemen als eine einzige Atomare Aktion durchgeführt werden.

Das Protokoll unterscheidet zwischen zwei Phasen[8]:

1. In der ersten Phase werden alle Teilnehmer über den bevorstehenden Commit informiert und zeigen an ob sie die Transaktion erfolgreich durchführen können.
2. In der zweiten Phase wird der Commit durchgeführt, sofern alle Teilnehmer dazu im Stande sind.

⁹Das ändern vorhergehender Einträge benötigt mehr Rechenzeit, als alle anderen Teilnehmer ab dem Zeitpunkt des Hinzufügens des Eintrages, zusammen aufgewendet haben.

¹⁰So prüft die Bitcoin-Implementation ob eine Transaktion (Überweisung eines Betrags) bereits schon einmal ausgeführt wurde, und verweigert gegebenenfalls eine erneute Überweisung.

¹¹Oft wird Master-Master Replikation auch als Active-Active Replikation referenziert.

8.3.2. MongoDB

MongoDB unterstützt die Konfiguration eines Replica-Sets (Master-Slave) nur im asynchronen Modi. Das Transactions-Log des Masters wird auf die Slaves kopiert, welche dann die Transaktionen nachführen. Ein Master-Master Betrieb ist nicht vorhergesehen.

8.4. Synchronisationsverfahren

8.4.1. Backbone.js

Das Web-Framework Backbone.js implementiert zur Datenhaltung und Synchronisation einen Key-Value Store. Der Key-Value Store kann entweder ein einzelnes Objekt oder ein gesamtes Set an Objekten¹² von der REST-API lesen sowie ein einzelnes Objekt schreibend an die REST-API senden.

Der REST-Standard[4] verlangt dass für die Übermittlung eines Objekt immer der vollständige Status übermittelt wird. So wird bei lesendem und schreibenden Zugriff immer die gesamte Objekt kopiert.

Backbone.js sieht keinen Mechanismus vor, die auf dem Server stattfindenden Änderungen automatisch auf den Client zu übernehmen. Es muss entweder periodisch die gesamte Collection gelesen oder auf ein Änderungs-Log zugegriffen werden.

Darüber hinaus entscheidet der Server alleine, ob eine konkurrierende Version des Clients übernommen wird. Backbone.js sendet beim Synchronisieren eines Objekts, dessen gesamten Inhalt an den Server und übernimmt anschliessend die von der REST-API zurückgelieferten Version. Die zurückgelieferte Version kann eine auf dem Server bereits zuvor als aktiv gesetzte Version des Objekts sein und somit die gesendeten Aktualisierung gar nicht enthalten¹³.

1. Im ersten Schritt wird ein neues oder mutiertes Objekt an den Server übermittelt.
2. Der Server entscheidet im zweiten Schritt ob die Änderung komplett oder überhaupt nicht übernommen wird. Wird eine Änderung komplett übernommen wird dem Client dies so bestätigt.
Wird eine Änderung abgelehnt wird der Client darüber informiert.
3. Im Nachgang wird kann das Objekt vom Client erneut angefordert werden, und so die aktuellste Version zu beziehen.

8.4.2. Meteor.js

Das WEB-Framework Meteor.js implementiert eine Mongo-Light-DB im Client-Teil und synchronisiert diese über das Distributed Data Protokoll mit der auf dem Server liegenden MongoDB in Echtzeit.

Meteor.js setzt auf Optimistic Concurrency. So können Mutationen auf der Client-Datenbank durchgeführt werden und diese erst zeitlich versetzt mit dem Server synchronisiert werden. Je geringer die zeitliche Verzögerung, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass das mutierte

¹²Backbone.js verwendet die Begriffe Model für ein einzelnes Objekt, wobei einem Objekt genau ein Key, aber mehrere Values zugeordnet werden können, und Collection für eine Sammlung an Objekten.

¹³Auf dem Server können alle Requests aufgezeichnet werden, um Mutationen nicht zu verlieren. Dies wird vom Standard aber nicht vorausgesetzt und ist ein applikatorisches Problem.

Objekt auch bereits auf dem Server geändert wurde. Um eine geringe zeitliche Verzögerung zu erreichen, sind alle Clients permanent mit dem Server mittels Websockets verbunden.

Der Server alleine entscheidet welche Version als aktiv übernommen wird. Somit kann nicht garantiert werden, dass alle vorgenommenen Änderungen auf dem Client erfolgreich an den Server übermittelt und übernommen werden. Da Mutationen üblicherweise zeitnah übertragen werden, treten aber nur in seltenen Fällen Konflikte auf.

1. Im ersten Schritt wird ein neues oder die mutierten Attribute eines Objekts an den Server übermittelt.
2. Der Server entscheidet im zweiten Schritt ob die übermittelten Änderungen komplett, teilweise oder nicht angenommen werden.
3. Im dritten Schritt wird dem Client mitgeteilt welche Änderungen angenommen wurden. Der Client aktualisiert sein lokales Objekt entsprechend.

9

Analyse

9.1. Synchronisationsproblem

Generell liegt ein Synchronisationskonflikt vor, sobald Daten über einen Kommunikationskanal übertragen werden müssen und für die Zeit der Übertragung kein „Lock“ gesetzt werden kann. Also immer dann, wenn sich Daten während einer Transaktion ändern können.

Um ein Konzept zur Verhinderung und Lösung Synchronisationskonflikten zu erarbeiten, muss zuerst eine Analyse der zu synchronisierenden Daten erstellt werden.

Die Datenanalyse wird mit Bezug auf die zwei im Folgenden aufgeführten Problemstellungen durchgeführt. Beide Problemstellungen sind so gewählt, dass sie zusammen einen möglichst allgemeinen Fall abdecken und so die Überprüfung aussagekräftig bleibt.

9.1.1. Synchronisation von Kontakten

In vielen Anwendungsszenarien müssen Kontaktdaten abgeglichen werden.

Eine Firma X betreibt eine zentrale Kontaktdatenbank an ihrem Hauptsitz.

Verkaufsmitarbeiter müssen jederzeit Kontaktdaten abfragen, neu erfassen und anpassen können, ohne dafür mit dem zentralen Server verbunden zu sein. Gerade in wenig entwickelten oder repressiven Ländern ist eine ständige Verbindung nicht immer gegeben und somit ein Off-Line Modus notwendig.

Die Anpassungen können zu einem späteren Zeitpunkt abgeglichen werden.

Ein Kontakt selbst umfasst die in der Tabelle „Attribute Firmen-Kontakt“ beschriebenen Attribute.

Tabelle 9.1.: Attribute Firmen-Kontakt

| Attribut | Beschreibung |
|----------|--|
| Name | Der gesamte Name (Vor-, Nach,- und Mittelname) der (Kontakt-)Person. |
| Adresse | Die vollständige Postadresse der Firma oder Person. |

| Attribut | Beschreibung |
|----------------|--|
| Email | Alle aktiven und inaktiven Email-Adressen des Kontakts. Jeweils nur eine Email ist die primäre Email-Adresse. |
| Telefon | Alle aktiven und inaktiven Telefonnummern des Kontakts. Jeweils nur eine Telefonnummer ist die primäre Nummer. |
| pNotes | Persönliche Bemerkungen zum Kontakt. Nur der Autor einer Notiz, kann diese bearbeiten oder lesen. |

Im Folgenden sind vier typische Szenarien beschrieben.

1. Szenario

Erfassen einer neuen Telefonnummer zu einem bestehenden Kontakt.

2. Szenario

Ändern der primären Telefonnummer eines bestehenden Kontakts.

3. Szenario

Ändern des Namens eines bestehenden Kontakts.

4. Szenario

Hinzufügen/Ändern der (persönlichen) Zusatzinformationen eines bestehenden Kontakts.

9.1.2. Synchronisation eines Service Desks

In vielen IT-Organisationen kommt ein Service-Desk zum Einsatz. Das Bearbeiten der Support-Fälle und erfassen von Arbeitszeiten muss online, direkt im System erfolgen. Dies kann vor allem fürs Arbeiten ausser Haus, zum Beispiel auf Reisen oder direkt beim Kunden, eine grosse Einschränkung sein.

Ein Support-Fall selbst umfasst die in der Tabelle „Attribute Support-Fall“ beschriebenen Attribute. Es sind nur die für die aufgeführten Szenarien nötigen Attribute erfasst.

Tabelle 9.2.: Attribute Support-Fall

| Attribut | Beschreibung |
|---------------------|---|
| Titel | Titel des Support-Falls. |
| Beschreibung | Fehler/Problembeschreibung des Tickets. |
| Anmerkungen | Alle Antworten von Technikern und Kunden. Eine Antwort des Technikers kann als FAQ-Eintrag markiert werden. |
| Arbeitszeit | Alle erfassten und aufgewendeten Stunden für den Support-Fall. |
| tArbeitszeit | Das Total der erfassten Arbeitszeit. |
| pNotes | Persönliche Bemerkungen zum Support-Fall. Nur der Autor einer Notiz, kann diese bearbeiten oder lesen. |

Die vier typischsten Aufgabenszenarien sind hier aufgeführt.

1. Szenario

Erfassen eines neuen Support-Falls.

2. Szenario

Einem Support-Fall eine neuen Anmerkung hinzufügen.

3. Szenario

Erfassen von Arbeitszeit auf ein Ticket.

4. Szenario

Zu einem Supportfall eine Lösung (FAQ-Eintrag) erfassen.

9.2. Datenanalyse

Daten können bezüglich ihrer Beschaffenheit, Geltungsbereich und Gültigkeitsdauer unterschieden werden. Im Weiteren wird dies als die Klassifikation beschrieben. Die Datentypisierung hingegen, unterscheidet nach dem äusseren Erscheinungsbild der Daten.

Zur Klassifikation werden nur die in den Daten enthaltenen Informationen herangezogen. Der Datentyp selbst ist dabei unerheblich.

Weiter kann die Klassifikation zwischen Struktur und Art der Daten unterscheiden.

9.2.1. Klassifikation nach Art

Um Daten nach ihrer Art zu Klassifizieren reicht es zu untersuchen wie die Lese- und Schreibrechte sowie deren Gültigkeitsdauer aussehen.

Exklusive Daten können nur von einem Benutzer bearbeitet, aber von diesem oder vielen Benutzern gelesen werden.

Gemeinsame Daten können von vielen Benutzern gleichzeitig gelesen und bearbeitet werden.

Dynamische Daten werden automatisch von System generiert. Benutzer greifen nur lesend darauf zu.

Statische Daten bleiben über einen grossen Zeitraum hinweg unverändert. Viele Benutzer können diese Daten verändern und lesen.

Temporäre Daten werden von System oder Benutzer generiert und sind nur sehr kurz gültig. Nur der Autor der Daten kann diese lesen.

9.2.2. Klassifikation nach Struktur

Bei der Unterscheidung der Daten nach ihrer Struktur, kann zwischen Kontextbezogenen und Kontextunabhängigen Daten differenziert werden. Die Entscheidung welcher Strukturklasse die Daten angehören ist abhängig vom Verständnis der Daten und liegt somit im Entscheidungsbereich des Datendesigners.

Kontextbezogene Daten weisen nur bezüglich eines bestimmten Kontext einen signifikanten Informationsgehalt auf.

Kontextunabhängige Daten gewinnen selbst durch andere Daten nicht mehr an Informationsgehalt.

9.2.3. Datentypisierung

Die Unterscheidung der Daten nach Datentyp differenziert zwischen **numerischen**, **binären**, **logischen** und **textuellen** Daten. Zur Typisierung wird immer die für den Benutzer sichtbare Darstellung verwendet, also jene Darstellung, in welcher die Daten erfasst wurden.

9.3. Datenanalyse der Synchronisationsprobleme

Nachfolgend sind die Attribute der beiden Beispiele „Synchronisation von Kontakten“ sowie „Synchronisation eines Service Desks“ entsprechend der erarbeiteten Klassifikation und Typisierung zugeordnet.

Synchronisation von Kontakten

Der Name eines Kontakts ist der primäre Identifikator eines Kontakts. Ändert sich dieser, ist es sehr wahrscheinlich, dass sich auch andere Attribute ändern.

Die Attribute Adresse, Email und Telefon sind deshalb abhängig vom Namensattribut. Diese Attribute sind also Kontextuell abhängig vom Identifikator.

Das Attribut pNotes hingegen ist völlig unabhängig, da es nur vom Verfasser gelesen und geschrieben werden kann.

Tabelle 9.3.: Klassifikation Attribute Kontakt

| Attribut | Struktur | Art | Typ |
|----------|-----------------|-----------|----------|
| Name | Unabhängig | gemeinsam | textuell |
| Adresse | Abhängig (Name) | gemeinsam | textuell |
| Email | Abhängig (Name) | gemeinsam | textuell |
| Telefon | Abhängig (Name) | gemeinsam | textuell |
| pNotes | Unabhängig | exklusiv | textuell |

Synchronisation eines Service Desks

Die beiden Attribute Titel und Beschreibung können nur beim Erfassen eines Support-Falls gesetzt werden. Danach bilden sie zusammen den eindeutigen Identifikator. Anmerkungen werden spezifisch für einen Support-Fall erfasst, und sind deshalb nur im Kontext desselben bedeutungsvoll.

Die Totale Arbeitszeit (tArbeitszeit) wird in Abhängigkeit vom Attribut Arbeitszeit vom System

errechnet und kann nicht geändert werden.

Tabelle 9.4.: Klassifikation Attribute Kontakt

| Attribut | Struktur | Art | Typ |
|--------------|------------------|-----------|-----------|
| Titel | Unabhängig | statisch | textuell |
| Beschreibung | Abhängig (Titel) | statisch | textuell |
| Anmerkungen | Abhängig (Titel) | gemeinsam | textuell |
| Arbeitszeit | Unabhängig | exklusiv | numerisch |
| tArbeitszeit | Unabhängig | dynamisch | numerisch |
| pNotes | Unabhängig | exklusiv | textuell |

9.4. Datenanalyse von „echten“ Fällen

Facebook

Benutzer Daten

Tabelle 9.5.: Klassifikation Attribute Facebook Benutzerdaten

| Attribut | Struktur | Art | Typ |
|--------------|-----------------|-----------|----------|
| Name | Unabhängig | gemeinsam | textuell |
| Email | Abhängig (Name) | gemeinsam | textuell |
| Geburtsdatum | Unabhängig | exklusiv | textuell |

Post

Tabelle 9.6.: Klassifikation Attribute Facebook Post

| Attribut | Struktur | Art | Typ |
|---------------|-----------------|-----------|-----------|
| Text | Unabhängig | exklusiv | textuell |
| Bild | Abhängig (Text) | exklusiv | binär |
| Personen | Abhängig (Bild) | exklusiv | binär |
| Aktion/Gefühl | Abhängig (Text) | exklusiv | textuell |
| Standort | Abhängig (Text) | exklusiv | binär |
| Likes | Abhängig (Text) | dynamisch | numerisch |

Kommentar

Tabelle 9.7.: Klassifikation Attribute Facebook Kommentar

| Attribut | Struktur | Art | Typ |
|----------|-----------------|----------|----------|
| Text | Abhängig (Post) | exklusiv | textuell |
| Bild | Abhängig (Text) | exklusiv | textuell |

(Ob ein Kommentar angezeigt wird, entscheidet der Autor des dazugehörenden Posts)

Alle Daten werden nur von einer Person bearbeitet. -> Synchronisationsprobleme können entstehen, jede Person ist selbst verantwortlich dass Änderungen nicht überschrieben werden. (real newest Entry wins)

Google Kalender

Termin

Tabelle 9.8.: Klassifikation Attribute Google Kalendereintrag

| Attribut | Struktur | Art | Typ |
|----------|------------|----------|----------|
| Titel | Unabhängig | exklusiv | textuell |
| Datum | Unabhängig | exklusiv | binär |
| Zeit | Unabhängig | exklusiv | binär |
| Gäste | Unabhängig | exklusiv | binär |

Es können mehrere Termine zur selben Zeit stattfinden. Der Benutzer wird dann entsprechend gewarnt. -> Synchronisationsprobleme können entstehen, jede Person ist selbst verantwortlich dass Änderungen nicht überschrieben werden. (real newest Entry wins)

9.5. Überprüfung der Klassifikation

Die Klassifikation der Daten nach Struktur zeigt sich in allen Beispielen als nachvollziehbar. Auch kann klar zwischen der Typisierung exklusiv, gemeinsam und dynamisch unterschieden werden.

Die weiteren gefundenen Typen statisch und temporär sind wenig sinnvoll, da beide durch exklusiv oder gemeinsam ersetzt werden könne.

Temporäre Daten sind exklusiv, während statische Daten auch als gemeinsam klassifiziert werden können.

Es kann auch festgestellt werden, dass Daten meist vom Typ text oder binär sind.

Teil III.

Konzeption und Konzeptüberprüfung

10

Konzeptansätze

10.1. Synchronisation

Das grundlegende Idee bei der Synchronisation liegt darin, den Zustand der Servers und des Clients, bezüglich der Daten, identisch zu halten.

Der Zustand der Daten können dabei als Status betrachtet werden. So repräsentiert der Zustand der gesamten Datensammlung zu einem bestimmten Zeitpunkt, einen Status. Aber auch der Zustand eines darin enthaltenen Objekts (z.B. eines Kontakts) wird als eigenständiger Status betrachtet.

Der Begriff der Synchronisation wird also im folgenden als Vorgang betrachtet, welcher Mutationen des Status des Clients, auch am Status des Servers durchführt.

Eine Status-Mutation kann dabei auf dem Server nur auf den selben Status angewendet werden, auf welchen sie auch auf dem Client angewendet wurde. Eine Mutation bezieht sich also immer auf einen bereits existierenden Status.

Zur Durchführung einer Synchronisation muss sowohl die Mutations-Funktion, sowie der Status auf welchen sie angewendet wird, gekannt sein. Beide Informationen zusammen werden als eine Einheit betrachtet und als **Nachricht** bezeichnet.

10.2. Datenhaltung

Die Datenhaltung beschäftigt sich mit der Frage, wie Daten verwaltet und wann und wie Mutationen darauf angewendet werden. Die beiden erarbeiteten Konzepte Singlestate und Multistate werden im Folgenden genauer erläutert.

10.2.1. Singlestate

Ein Single-State System erlaubt, nach dem Vorbild traditioneller Datenhaltungssystem, zu jedem Zeitpunkt nur einen einzigen gültigen Zustand.

Eingehende Nachrichten N enthalten sowohl die Mutations-funktion als auch eine Referenz auf welchen Status S_x , diese Mutation angewendet werden soll. Resultiert aus der Anwendung einer Nachricht, ein ungültiger Status, wird diese nicht übernommen. Nachrichten, welche nicht übernommen wurden, müssen im Rahmen der Konfliktauflösung separat behandelt werden.

In Abbildung 10.1 sind die nacheinander eingehenden Nachrichten N_1 bis N_4 dargestellt. Nachricht N_2 sowie N_3 referenzieren auf den Status S_2 . Die Anwendung der Mutations-Funktion von N_2 auf S_2 resultiert im gültigen Status S_3 .

Die Anwendung der später eingegangene Nachricht N_3 auf S_2 führt zum ungültigen Status S'_3 und löst damit einen Synchronisationskonflikt aus.

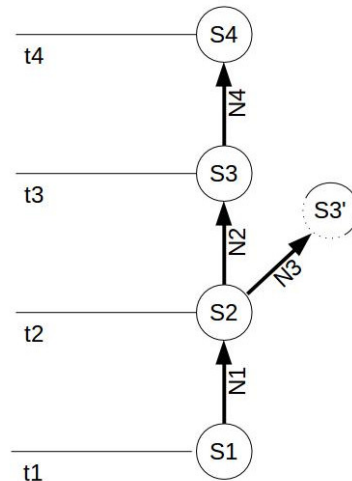


Abbildung 10.1.: Singlestate

Die Konfliktauflösung hat direkt bei der Anwendung der Mutations-Funktion zu erfolgen und kann nicht korrigiert werden. Die Konfliktauflösung muss also garantieren, dass immer die richtige Entscheidung getroffen wird.

10.2.2. Multistate

Ein Multi-State System erlaubt zu jedem Zeitpunkt beliebig viele gültige Zustände. Zu jedem Zeitpunkt ist jedoch immer nur ein Zustand gültig.

Dieses Verhalten wird dadurch erreicht, dass Zustände rückwirkend eingefügt werden können. Wenn zum Zeitpunkt t_1 und t_2 der gültige Zustand des Systems zum Zeitpunkt t_0 erfragt wird, muss nicht notwendigerweise der identische Zustand zurückgegeben werden.

In der Abbildung 10.2 sind die nacheinander eingehenden Nachrichten N_1 bis N_5 dargestellt. Nachricht N_2 sowie N_4 referenzieren auf den Status S_2 . Die Anwendung der Mutations-Funktion von N_2 auf S_2 resultiert im gültigen Status $S_{3,0}$.

Die Anwendung der Nachricht N_3 ergibt folglich den für den Zeitpunkt t_5 gültigen Status $S_{3.1}$.

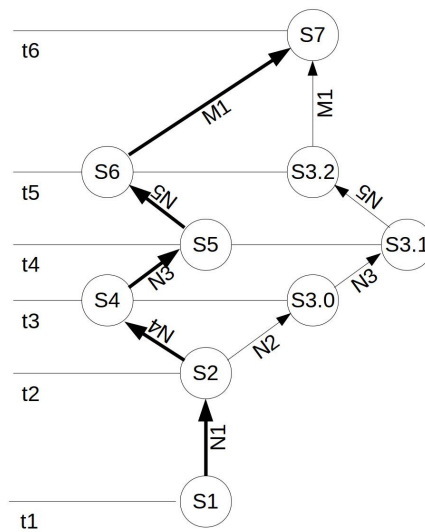


Abbildung 10.2.: Multistate

Der Zeitpunkt an welchem die Nachricht N_4 verarbeitet ist, wird mit hier t_A bezeichnet. Die Anwendung der Nachricht N_4 resultiert im neuen, für den Zeitpunkt t_3 , gültigen Status S_4 . Vor dem Zeitpunkt t_A ist für den Zeitpunkt t_3 der Status $S_{3.0}$ gültig. Danach ist der Status S_4 gültig.

Die Mutations-Funktion der Nachricht N_3 ist in keinem Konflikt mit der Nachricht N_4 oder N_2 und wird folglich auf den Status S_4 und $S_{3.0}$ angewendet. N_5 steht ebenfalls weder im Konflikt mit N_2 noch mit N_4 und kann deshalb auf S_5 und $S_{3.1}$ angewendet werden.

Die beiden zum Zeitpunkt t_5 gültigen Stati beinhalten das Maximum an Information. Der Status S_6 beinhaltet alle Informationen ausser der Nachricht N_2 und Status $S_{3.2}$ alle Informationen ausser der Nachricht N_4 .

Zu einem späteren Zeitpunkt t_6 wird eine Konfliktauflösung M_1 durchgeführt und somit der Konflikt aufgelöst.

Welcher der Zweige bei einer Vergabelung als gültig zu definiert ist, wird über eine Vergabelungs-Funktion beurteilt. Diese gehört zur Konfliktauflösung und ist abhängig von der Datenbeschaffenheit und Struktur der Daten (Kapitel Datenanalyse).

Die Konfliktauflösung kann direkt bei der Anwendung der Mutations-Funktion, oder zu einem beliebigen späteren Zeitpunkt durchgeführt werden. Die Konfliktauflösung darf sehr greedy entscheiden, da Fehlentscheide korrigiert werden können.

10.3. Konfliktvermeidung

Das Konzept der Konfliktvermeidung verhindert das Auftreten von möglichen Konflikten durch die Definition von Einschränkungen im Funktionsumfang der Datenbanktransaktionen. So sind

Objekt aktualisierende Operationen nicht möglich und werden stattdessen, Client seitig, über hinzufügende Operationen ersetzt.

10.3.1. Update Transformation

Damit Mutationen für eines oder mehrere Attribute gleichzeitig konfliktfrei synchronisiert werden können, wird für jedes einzelne Attribut eine Mutations-Funktion erstellt. Die einzelnen Funktionen können in einer Nachricht zusammengefasst werden.

Wie die Abbildung 10.3 zeigt, muss nicht das gesamte Objekt aktualisiert werden und es wird so ermöglicht die Konfliktauflösung granularer durch zu führen.

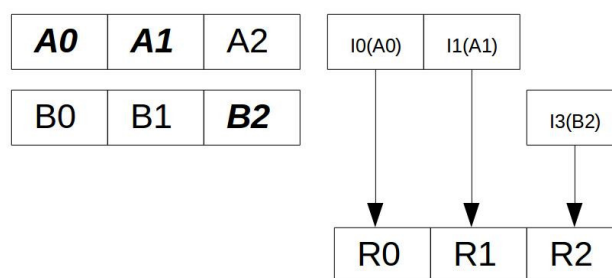


Abbildung 10.3.: Update Transformation

10.3.2. Wiederholbare Transaktion

Leseoperationen auf Stati des Clients, welche noch nicht mit dem Server synchronisiert sind, liefern möglicherweise falsche Resultate.

Alle Schreiboperationen, welche Resultate der Leseoperationen mit falschem Resultat, verwenden, dürfen ebenfalls nicht synchronisiert werden, oder müssen mit der korrekten Datenbasis erneut durchgeführt werden.

Dies führt zur Vermeidung von logischen Synchronisationskonflikten.

10.4. Konfliktauflösung

Das Konzept der Konfliktauflösung beschäftigt sich mit der Auflösung von Konflikten, die im Rahmen der Synchronisation aufgetreten sind.

Da die Beschaffenheit und Struktur der Daten, bei dieser Problemstellung eine entscheidende Rolle einnehmen, ist im folgenden für jede Klassifikations-Gruppe ein geeigneter Konfliktauflösungs-Algorithmus aufgeführt.

10.4.1. Zusammenführung

Einzelne Attribute oder Attributsgruppen innerhalb eines Objekts werden als eigenständige Objekte betrachtet. So kann ein Konflikt, der auftritt wenn zwei Objekte mit Mutationen in unterschiedlichen Attributsgruppen synchronisiert werden, aufgelöst werden, indem nur die jeweils mutierten Attributsgruppen als synchronisationswürdig betrachtet werden.

Kontextbezogene Attribute sind in der selben Attributgruppe wie der Kontext.

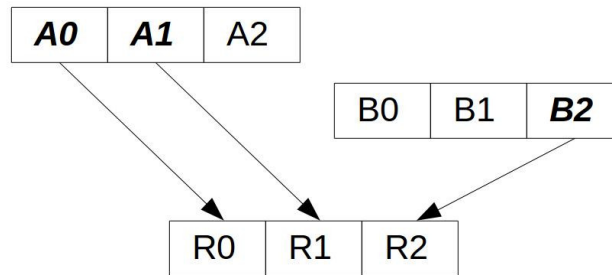


Abbildung 10.4.: Merge

Diese Operation ist unabhängig von Datentyp, Struktur und Art.

Der (automatisierte) Merge kann nur durchgeführt werden, wenn nur eine einzige Version eines Attributs existiert. -> nie konkurrierende Versionen entstehen.

Darüber hinaus versieht der Server jede Attribut-Version mit einer Versions-Nummer. So kann verhindert werden, dass ein Attribut mit einer niederen Versions-Nummer über ein neueres Attribut synchronisiert wird.

Weiter kann die Struktur der Daten mit einbezogen werden. Hat sich der Kontext geändert, dürfen die davon abhängigen Attribute nicht mehr angewendet werden.

10.4.2. geschätzte Zusammenführung

Wenn bei einer Synchronisierung mit zwei Objekten die selben Attribute mutiert wurden, kann im Falle von numerischen Attributen, das Objekt mit den geringsten Abweichungen vom Mittelwert über alle verfügbaren Datensätze verwendet werden. Es wird also das normalisierteste Attribut verwendet.

Bei Attributsgruppen wird die Gruppe mit der insgesamt geringsten Abweichung verwendet. Es muss eine Abstandsfunktion für jedes Attribut oder jede Attributgruppe erstellt werden.

Es kann so die wahrscheinlichste Version verwendet werden. Wenn zu t_1 A_1 und zu t_2 A_2 , also das selbe Attribut synchronisiert wird, wird es beide male angenommen. Beide Versionen basieren auf der gleichen Ursprungsversion. A_2 besitzt aber die kleinere Abweichung und gewinnt deshalb.

Hätte es die grössere Abweichung, würde es nicht synchronisiert werden.

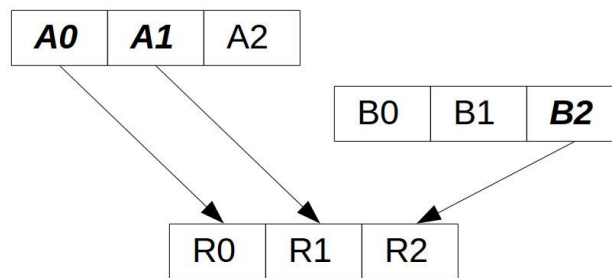


Abbildung 10.5.: Merge

10.4.3. manuelle Zusammenführung

Wenn keine Auflösung des Konflikts möglich ist, muss dieser manuell aufgelöst werden.

10.4.4. Vergabelungs-Funktion

Bei der Entscheidung welcher Teilbaum aktiv wird können unterschiedliche Vorgehensweisen angewendet werden. Die verwendete Lösung muss auf die Datenbeschaffenheit und Struktur angepasst werden.

Nachfolgende sind sechs Ansätze ausgeführt.

Wichtigste Information

Die Attribute eines Objekts können in aufsteigenden Wichtigkeits-Klassen gruppiert werden. Die Wichtigkeit einer Nachricht entspricht der höchsten Wichtigkeits-Klasse die mutiert wird. Die Nachricht mit der grössten Wichtigkeit markiert den aktiven Teilbaum.

Maximale Information

Den Attributen eines Objekts werden numerische Informationsgehalts-Indikator zugewiesen. Der Informationsgehalt einer Nachricht entspricht der Summe aller Informationsgehalts-Indikatoren der mutierten Attribute.

Die Nachricht mit dem höheren Informationsgehalt markiert den aktiven Teilbaum.

Geringste Kindsbäume

Für jeden Teilbaum werden die der darin vorkommenden Vergabelungen gezählt. Die Nachricht, die den Teilbaum mit den wenigsten darin vorkommenden Vergabelungen markiert den aktiven Teilbaum.

Online-First

Zusätzlich zur Mutations-Funktion und der Status-Referenz wird einer Nachricht die Information mitgegeben, ob der Client diese online sendet.

Die Nachrichten, welche online gesendet wurden, werden immer den offline synchronisierten Nachrichten vorgezogen.

Echte Kausalität

Der Zeitstempel der Generierung wird der Nachricht beigefügt. Die Nachricht, welche echt zu erst erstellt wurde, markiert den aktiven Teilbaum.

Timeboxing

Periodisch wird ein Status manuell validiert und als „Grenze“ gesetzt. Nachrichten, welche auf ältere Stati, oder auf Stati in anderen Zweigen referenzieren, markieren nie einen aktiven Teilbaum.

11

Konzept Untersuchung

In diesem Kapitel werden die Konzeptansätze konkretisiert und auf ihre Anwendbarkeit hin untersucht.

11.1. Datenhaltung

Eine sehr elegante Form der Datenhaltung ist die Messagequeue. Der aktuell gültige Staus ist durch die Anwendung aller in der Messagequeue enthaltenen Nachrichten auf den initialen Status erreichbar.

Der wahlfreie Zugriff auf jeden beliebigen Staus zeichnet dieses einfache Design aus. Gerade wegen diesem wahlfreien Zugriff auf beliebige Stati ist diese Form ideal für die Verwendung im Rahmen dieser Thesis geeignet.

Die beiden im Kapitel [Konzept] untersuchten Datenhaltungskonzepte sind nachfolgend genauer untersucht. Gezeigt wird wie ansatzweise eine Implementation aussehen könnte, um Probleme und Vorteile besser erkennen zu können. Konflikt-verhinderung und -auflösung wird in den darauf folgenden Kapiteln genauer untersucht.

11.1.1. Singlestate

Beim Eingehen einer neuen Nachricht wird die Funktion `addMessage()` aufgerufen.

Die Funktion **State**(t) gibt den Staus zum Zeitpunkt t zurück. Falls kein Zeitpunkt angegeben ist, wird der neueste zurückgegeben.

Die MessageQueue wird durch das Stausobjekt verwaltet.

```
getState(t): ->
    return @State(t)

addMessage(Message): ->
    if Message.refState is @State
        @State().apply Message.Mutation
    else
```

```

    if !@State().conflictsWith Message
    or @State().canResolveConflict Message
        @State().apply Message
    else
        break

```

Die Funktionen `canResolveConflict` sowie `resolveConflict` greifen auf den referenzierten Status der Nachricht zu.

Performance

Der Zugriff auf einen beliebigen Status ist von der Laufzeitkomplexität $O(n)$ (mit $n = \text{Grösse der MessageQueue}$).

Verbesserung

Da jede schreibende Operation zuerst den referenzierten Status auslesen muss, und dies sehr Rechenintensiv ist, wird jeder errechneter Zustand zwischengespeichert. So existiert für jede Nachricht bereits ein zwischengespeicherter Status und muss daher nicht für jede Operation erneut generiert werden.

Pro/Contra

Das Konzept des Singlestate ist sehr konservativ und ist in ähnlicher Form weit verbreitet. MongoDB und MySQL bieten beide das Konzept eines einzigen gültigen und unveränderbaren Status. Auch eine Versionierung und somit ein wahlfreier Zugriff auf alle Stati ist implementierbar.

Das grösste Manko liegt jedoch im Umstand, einen Konflikt direkt beim Auftreten auflösen zu müssen. Konflikte die nicht aufgelöst werden können blockieren den gesamten Vorgang oder müssen abgebrochen werden.

11.1.2. Multistate

Beim Eingehen einer neuen Nachricht wird ebenfalls die Funktion `addMessage()` aufgerufen. Die Funktion **StateTree**(t) gibt den Status zum Zeitpunkt t zurück. Neu wird jedoch die MessageQueue separat geführt, da der Statusbaum bei jeder schreibenden Operation neu aufgebaut werden muss.

```

getState(t): ->
    return @StateTree(t)

addMessage(Message): ->

    @MessageQueue.insert Message
    @StateTree() = new Tree

```

```
for Message in @MessageQueue
    @StateTree().apply Message

for State in @stateTree
    State.tryToResolveConflict
```

Performance

Da bei jeder schreibenden Operation der gesamte Statusbaum neu aufgebaut wird, weist diese Implementantation eine Laufzeitkomplexität von $O(n)$ (mit n = Grösse der MessageQueue) auf.

Verbesserung 1

Falls eine Nachricht auf einen aktuell gültigen Zustand referenziert, muss der Baum nicht erneut aufgebaut werden, da es ausreichend ist, den Baum nur zu erweitern.

Verbesserung 2

Jede schreibende Operation löst die erneute Generierung des gesamten Statusbaums aus. Um diese rechenintensive Operation zu vereinfachen, wird bei jeder Verzweigung der Zustand gespeichert. Eine Schreibende Aktion, muss so nur noch den betroffenen Teilbaum aktualisieren.

Pro/Contra

Der grösste Gewinn beim Multistate Konzept liegt in der zeitlichen Entkoppelung zwischen Synchronisation und Konfliktauflösung.

Die Richtigkeit, also die Qualität der Information, eines Status wird über die Zeit nur grösser. Und genau darin besteht auch das grösste Problem, denn dadurch ist nicht garantiert dass Abfragen wiederholbare Ergebnisse liefern.

11.2. Konfliktvermeidung

11.2.1. Update Transformation

Die einfachste Implementation einer Update-Transformation besteht darin, sowohl das mutierte Objekt, also auch das Ausgangsobjekt zu übertragen. Implizit wird so eine Mutationsfunktion übermittelt. Es wird der referenzierte Zustand des Objekts sowie die geänderten Attribute des neuen Status übermittelt.

```
composeMessage (reference, current): ->

    for AttrName, Attribut in current
        if !Attribut is reference[AttrName]
            Message.Mutation[AttrName] = Attribut

    Message.State = reference

    return Message
```

Pro/Contra

Mutationen können konfliktfrei eingespielt werden, da die Operation automatisiert mit dem neueren Status wiederholt werden kann.

Ein sehr grosses Hindernis besteht aber darin, dass viele Benutzereingaben nur mit einer Zuweisung abgebildet werden können und deshalb die ursprüngliche Daten gar nicht in die Mutationsfunktion miteinbezogen werden.

11.2.2. Wiederholbare Transaktion

Eine sehr triviale Implementation besteht darin, sobald eine Nachricht abgelehnt wird, alle nachfolgenden Nachrichten einer Synchronisation auch abzulehnen und den Client neu zu initialisieren.

Ein ähnliches Konzept ist im Gebiet der Datenbanken auch als Transaktion bekannt. Nur wird hier kein Rollback durchgeführt.

Probleme/Lösungen

Da bei einem nicht auflösbaren Konflikt alle Mutationen gelöscht werden, ist garantiert dass keine auf falschen Daten basierten Mutationen synchronisiert werden.

Aber gerade wegen diesem aggressivem Vorgehen, geht unter Umständen viel an Arbeit verloren.

11.3. Konfliktauflösung

11.3.1. Zusammenführung

Die einfachste Implementation besteht darin, nur geänderte Attribute zu übertragen. So werden Konflikte nur behandelt, wenn das entsprechende Attribut mutiert wurde.

```
resolveConflict (valid, ref, update): ->

    NewState = new State

    for AttrName, Attribut in update
```

```

        if ref[AttrName] is valid[AttrName]
            NewState[AttrName] = Attribut
        else
            break

    return NewState

```

Probleme/Lösungen

Die wesentlich Idee ist, einzelne Attribute also vollwertige Objekte zu behandeln. So können mehr Informationen übernommen werden.

11.3.2. Kontextbezogene Zusammenführung

11.3.3. normalisierte Zusammenführung

Um eine normalisierte Zusammenführung um zu setzten, ist zwingend ein wahlfreier Zugriff auf jeden Status, sowie jede Mutationsfunktion notwendig.

Ein Konflikt bei einem Attribut wird in folgenden Schritten aufgelöst:

/// Eventuell auch Neuronales Netz?

```

/* Zusammenstellung einer Nachricht
 *
 * @valid          aktueller Status
 * @ref            referenzierter Status
 * @updates        alle angewendeten Nachrichten
 * @average        durchschnittlicher Wert des Attributs
 * @return         bool
 */

resolveConflict (valid, ref, updates, average): ->

    NewState = new State
    Distances = new DistanceArray( average )

    for update in updates
        Distances.add update

    bestUpdate = Distances.smallest
    NewState[bestUpdate.AttrName] = bestUpdate.Attribut

    return NewState

```

Probleme/Lösungen

Entstandene Konflikte können aufgelöst werden, ohne dass manuell eingegriffen werden muss. Die Unsicherheit liegt jedoch darin, dass entweder Ausreisser so nicht akzeptiert werden oder für die vorliegenden Daten (z.B. Telefonnummern, Adressen, . . .) gar nicht erst eine Distanzfunktion erstellt werden kann.

11.3.4. manuelle Zusammenführung

Eine manuelle Zusammenführung muss in Form eines GUI implementiert werden, womit ein Benutzer diese durchführen kann.

Probleme/Lösungen

Durch die händische Validation der Daten ist sichergestellt, dass der Konflikt richtig aufgelöst wurde.

Gerade bei grossen Datenbeständen gestaltet sich die Organisation einer Validierung sehr aufwändig.

11.4. Zusammenfassung

Sowohl die Implementation als auch der Betrieb einer Multistate-Datenhaltung ist aufwändig. Multistate bietet neben den vielen Nachteilen, nur den Vorteil, dass Konflikte nicht sofort aufgelöst werden müssen.

Tabelle 11.1.: Konzept Vergleich Multistate - Singlestate

| Datenhaltung | Betrieb | Implementation |
|---------------------|----------------|-----------------------|
| Singlestate | einfach | einfach |
| Multistate | schwierig | schwierig |

Sowohl die Wiederholbare Transaktion, als auch die Normalisierte Zusammenführung lösen ansonsten nicht auflösbare Konflikte. Da das Konfliktauflösung jedoch nicht notwendigerweise korrekt sein muss und die Implementation sehr aufwändig ist, ist die Einsetzbarkeit nicht gegeben.

Tabelle 11.2.: Konzept Vergleich Konfliktverhinderung - Konfliktauflösung

| Konzept | Betrieb | Implementation |
|---------------------------|----------------|-----------------------|
| Update Transformation | einfach | schwierig |
| Wiederholbare Transaktion | einfach | sehr schwierig |
| Zusammenführung | einfach | einfach |
| Kontext b. Zusamm. | einfach | einfach |
| Normalisierte Zusamm. | einfach | sehr schwierig |
| Manuelle Zusamm. | sehr schwierig | einfach |

Eingesetzt werden also Singlestate, Update Transformation, Zusammenführung, und Kontext-bezogene Zusammenführung.

12

Design des Prototypen

In diesem Kapitel werden die aus dem Kapitel [Konzept] gewonnenen Erkenntnisse so umgesetzt dass sie den Anforderungen aus dem Kapitel Anforderungsanalyse genügen.

12.1. Design-Ansätze

!!!! Verwendung von Singlestate

!!!! Anforderungsanalyse

12.1.1. Nachrichtenbasierte Architektur

Versenden einzelner Nachrichten -> Direkte Anwendung für Konzept

12.1.2. Modellbasierte Architektur

Versenden der daraus resultierenden Stati -> Indirekte Anwendung für Konzept

12.2. Entscheid

Nachrichtenbasiert -> weniger verbreitet, komplexer in der Implementation -> einfachere Transition.

12.3. Design

Der Prototyp besteht aus 3 Bausteinen; Server, API und Client.



Die Bausteine werden in den folgenden Kapitel erläutert.

12.3.1. Nachrichten

Alle im System versendeten Nachrichten sind nach dem selben Schema strukturiert, um so unnötige Konvertierungen zu vermeiden.

Eine Nachricht wird entsprechend ihrem Ziel und Funktion benannt.

[Target] _ [Layer] _ [Modul] _ [Funktion]

| Teil | Beschreibung |
|----------|-------------------------------|
| Target | S für Server und C für Client |
| Layer | Layername |
| Modul | Modulname |
| Funktion | Funktionsname |

Der Payload besteht aus dem Meta-Teil, welcher die Collection angibt, sowie dem Data Teil, welcher das neue Objekt und das alte Objekt, falls vorhanden, beinhaltet.

Somit ist implizit eine Mutationsfunktion, und die Referenz auf den Status definiert.

12.3.2. Backend

Jede über die API eingehende Nachricht wird an den Logik-Layer weitergeleitet.

Der Logik-Layer übernimmt die Verarbeitung, also die Konfliktauflösung und die Verwaltung der Datenhaltung.

Logik

Der Logik-Layer führt die Konfliktauflösung sowie die Verwaltung des Status durch. Es werden vier Nachrichten akzeptiert, welche dem SQL Jargon nachempfunden sind.

| Nachrichtname | Beschreibung |
|-------------------|--|
| S_LOGIC_SM_select | Die Abfrage-Nachricht gibt eine oder mehrere Objekte zurück. |
| S_LOGIC_SM_create | Die Einfügenachricht erstellt ein neues Objekt und gibt dieses zurück. |
| S_LOGIC_SM_update | Die Mutationsnachricht aktualisiert ein vorhandenes Objekt. |
| S_LOGIC_SM_delete | Die Löschnachricht löscht ein vorhandenes Objekt. |

Die Resultate werden nach vollständiger Bearbeitung dem Sender der ursprünglichen Nachrichten über eine neue Nachricht mitgeteilt.

Persistenz

Das Verhalten des Singlestate Konzepts ist mit einer Datenbank abbildbar.

12.3.3. API

Die API besteht sowohl aus einem serverseitigem als auch clientseitigem Modul. Nachrichten werden zwischen beiden Modulen ausgetauscht. Im Falle eines Verbindungsunterbruchs werden die Nachrichten zwischengespeichert und bei einer Wiederverbindung zugestellt.

Die Benennung der Nachrichten ist den bekannten Funktionen des HTTP Standards nachempfunden.

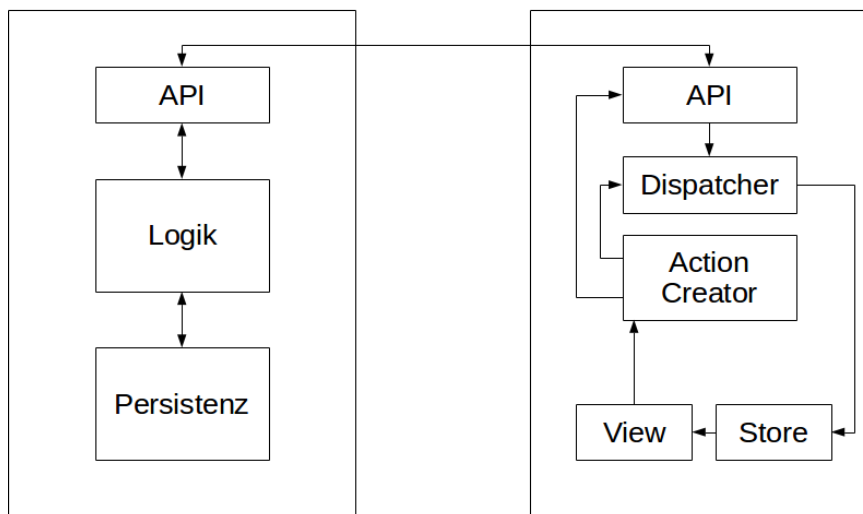
| Nachrichtname | Beschreibung |
|------------------|---|
| S_API_WEB_get | Die Get-Nachricht gibt eines oder alle Objekte einer Collection zurück. |
| S_API_WEB_put | Ein neues Objekt wird mit der Put-Nachricht erstellt. |
| S_API_WEB_update | Mit der Update-Nachricht können bestehende Objekte aktualisiert werden. |
| S_API_WEB_delete | Bestehende Objekte können mit der Delete-Nachricht gelöscht werden. |

12.3.4. Frontend

Das Frontend ist der Flux-Architektur nachempfunden. Die beiden Nachrichten können von den Views versendet werden, aktualisieren somit den Store und werden dem Backend übermittelt.

| Nachrichtname | Beschreibung |
|---------------------|--|
| C_PRES_STORE_update | Fügt ein Objekt hinzu oder aktualisiert ein bestehendes. |
| C_PRES_STORE_delete | Löscht ein bestehendes Objekt. |

12.3.5. Datenfluss



Frontend <-> API <-> Backend

Frontend: ActionCreator -> Dispatcher -> Store -> API -> ActionCreator

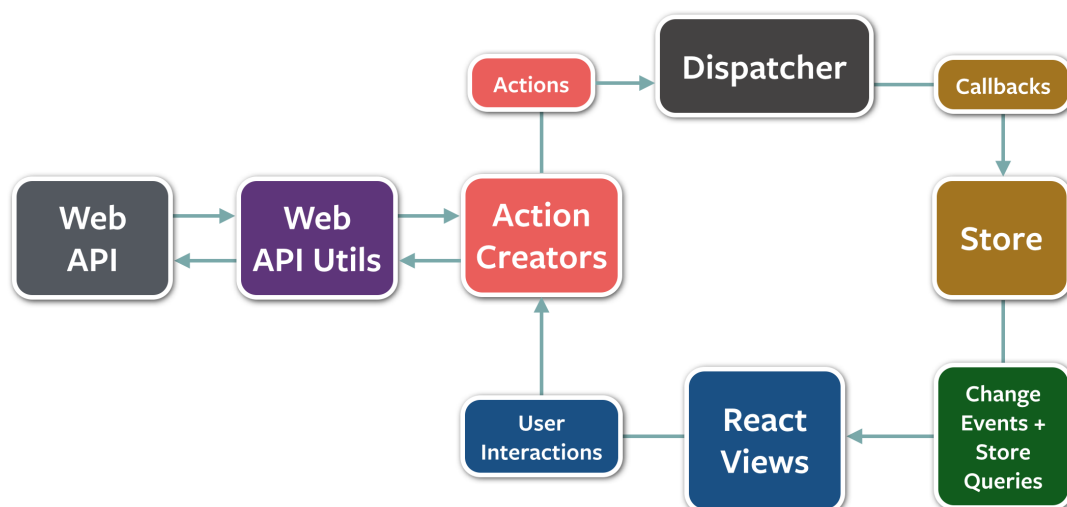
API: Queue -> Transporter

Backend: API -> Logiclayer -> API

12.3.6. Flux Architektur

Das Flux Paradigma[5] ist eine Applikationsarchitektur entwickelt von Facebook für React, welche einen unidirektionalen Datenfluss vorgibt.

Daten können nur über eine Aktionen manipuliert werden. Die Views als auch die API können Aktionen auslösen, und so den Datenbestand mutieren.



Die Verwendung des Dispatchers ermöglicht es, Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Stores zentral zu verwalten, da jeder Mutation zwangsweise zuerst von ihm bearbeitet wird.

12.3.7. AMD Pattern

Asynchronous module definition (AMD) ist eine JavaScript API um Module zu definieren und diese zur Laufzeit zu laden. Dadurch können Javascript-lastige Webseiten beschleunigt werden, da Module erst geladen werden, wenn sie gebraucht werden. Weiter werden durch den Loader die Module gleichzeitig geladen, dadurch kann die Bandbreite voll ausgenutzt werden.

Da die Module durch die Vorgabe des Patterns in einzelnen Dateien abgelegt sind, wird eine Kapselung ähnlich wie bei Java erreicht. Das erleichtert die Fehlersuche und erhöht die Verständlichkeit des Programmes drastisch. Auch die Wiederverwendbarkeit der Module wird dadurch erhöht.

Da in jedem Modul die Abhängigkeiten definiert werden müssen, kann während dem Build-Prozess die Abhängigkeiten geprüft werden, um so die Verfügbarkeit aller benötigten Module sicher zu stellen.

12.4. Beispielapplikation

Gem. Aufgabenstellung soll der Prototyp anhand eines passenden Fallbeispiel die Funktionsfähigkeit Zeigen.

Die Beispielapplikation soll eine Ressourcenplan-Software sein. Folgendes soll möglich sein:

1. einen neuen Raum erfassen (Name, Grösse, Anzahl Sitze)
2. einen bestehenden Raum anpassen/löschen
3. einen Termin auf einem Raum Buchen (Name, Zeit&Datum, Kurzbeschreibung, Besucherliste, persönliche Notizen)
4. einen Bestehenden Termin anpassen/absagen

Teil IV.

Implementierung und Testing

13

Prototyp

Dieses Kapitel adressiert die Implementation des Prototypen gemäss den Anroderungen aus Kapitel Analyse.

13.1. Umsetzung

13.2. Technologie Stack

| Software | Beschreibung/Auswahlgrund |
|---------------------|---|
| Grunt | Grunt ermöglicht es dem Benutzer vordefinierte Tasks von der Kommandozeile aus durchzuführen. So sind Build- und Test-Prozesse für alle Benutzer ohne detaillierte Kenntnisse durchführbar. Da Grunt eine sehr grosse Community besitzt und viele Plugins sowie hervorragende Dokumentationen verfügbar, wurde Grunt eingesetzt. |
| Karma | Karma ist ein Testrunner, der Tests direkt im Browser ausführt. Weiter können automatisch Coverage-Auswertungen durchgeführt werden. |
| CoffeeScript | CoffeeScript ist ein einfach zu schreibende Sprache die zu JavaScript compiliert. Das generierte JavaScript ist optimiert und ist meist schneller als selbst geschriebenes JavaScript. |
| RequireJS | RequireJS ermöglicht die Implementierung des AMD Pattern. Dadurch können auch in JavaScript Code-Abhängigkeiten definiert werden. Zusammen mit r.js kann dies bereits zur Compilerzeit geprüft werden. Da weder Backbone noch Django über eine Dependency-Control für JavaScript verfügen, setze ich RequireJS ein. |

| Software | Beschreibung/Auswahlgrund |
|--------------------|--|
| ReactJS | ReactJS ist eine Frontend Library die eine starke Modularisierung fordert. Das Paradigma des „Source of Truth“ verhindert darüber hinaus, dass „komische“ Anzeigefehler auftreten. |
| FluxifyJS | FluxifyJS ist eine leichtgewichtige Implementierung des Flux Paradigmas. Sie bietet sowohl Stores als auch einen Dispatcher. |
| SequelizeJS | SequelizeJS ist eine sehr bekannte und weit verbreitete ORM Implementation für Node und Express. |
| Express | Express ist ein WebFrameowrk für Node. Die weite Verbreitung und ausführliche Dokumentation machen Express zur idealen Grundlage einer Node Applikation. |
| Socket.io | Socket.io ist eine Implementation des Websocket Standards und erlaubt eine Asynchrone Kommunikation zwischen Client und Server. |

13.3. Entwicklungsumgebung

Grunt + Karma = All you need

13.4. Entwicklung

Tricks mit API & Message Routing, binding to io.on „message“ -> flux.doAction

Express Server:

Statisches Daten -> Frontend /

Socket.io -> /socket.io

Message-Bus -> Fluxify also in the backend

RequireJS Modules testable in the Browser :-D

Stores in the Frontend

Models in the Backend

13.5. Grafische Umsetzung Fallbeispiel

14

Testing

14.1. Unit-Testing

14.2. Integration-Testing

Teil V.

Abschluss und Ausblick

15

Review

15.1. Validation

In der nachfolgenden Tabelle sind alle gestellten Ziele gemäss Aufgabenstellung aufgelistet.

| Ziel |
|------|
| R1 |
| R2 |
| R3 |
| R4 |
| R5 |

15.2. Ausblick

16

Fazit und Schlusswort



Appendix

A.1. Glossar

ORM
Node

A.2. Aufgabenstellung

A.2.1. Thema

Ziel der Arbeit ist es verschiedene Konfliktlösungsverfahren bei Multi-Master Datenbanksystemen zu untersuchen.

A.2.2. Ausgangslage

Mobile Applikationen (Ressourcen-Planung, Ausleihlisten, etc.) gleichen lokale Daten mit dem Server ab. Manchmal werden von mehreren Applikationen, gleichzeitig, dieselben Datensätze mutiert. Dies kann zu Konflikten führen. Welche Techniken und Lösungswege können angewendet werden, damit Konflikte gelöst werden können oder gar nicht erst auftreten?

A.2.3. Ziele der Arbeit

Das Ziel der Bachelorthesis besteht in der in der Konzeption und der Entwicklung eines lauffähigen Software-Prototypen, welcher mögliche Synchronisations- und Konfliktlösungsverfahren von Clientseitiger und Serverseitiger Datenbank demonstriert. Im Speziellen, soll gezeigt werden, welche Möglichkeiten der Synchronisation beim Einsatz von mobilen Datenbanken (Web-Anwendungen) bestehen, so dass die Clientseitige Datenbank auch ohne Verbindung zum Server mutiert und erst zu einem späteren Zeitpunkt synchronisiert werden kann, ohne dass Inkonsistenzen auftreten. Die Art und Funktionsweise des Software-Prototyp soll in einer

geeigneten Form gewählt werden, so dass verschiedene Synchronisations- und Konfliktlösungsverfahren an ihm gezeigt werden können. Der Software-Prototyp soll nach denen, im Unterricht behandelten Vorgehensweisen des Test Driven Development (TDD) entwickelt werden.

A.2.4. Aufgabenstellung

A1 Recherche:

- Definition der Fachbegriffe
- Erarbeitung der technischen Grundlagen zur Synchronisation von Datenbanken und Datenspeichern

A2 Analyse:

- Analyse der Synchronisationsverfahren und deren Umgang mit Konflikten
- Analyse der Synchronisationsverfahren im Bereich der Web-Anwendungen
- Durchführen einer Anforderungsanalyse an die Software

A3 Konzept:

- Erstellen eines Konzepts der Synchronisation
- Erstellen eines Konzepts der Implementierung zweier ausgewählten Synchronisations-Verfahren

A4 Prototyp:

- Konzeption des Prototypen der die gestellten Anforderungen erfüllt
- Entwickeln des Software-Prototyps
- Implementation zweier ausgewählter Synchronisations- und Konfliktlösungsverfahren

A5 Review:

- Test des Prototyps und Protokollierung der Ergebnisse

A.2.5. Erwartete Resultate

R1 Recherche:

- Glossar mit Fachbegriffen
- Erläuterung der bereits bekannten Synchronisation- und Konfliktlösungs-Verfahren, sowie deren mögliches Einsatzgebiet

R2 Analyse:

- Dokumentation der Verfahren und deren Umgang mit Synchronisation-Konflikten (Betrachtet werden nur MySQL, MongoDB)
- Dokumentation der Verfahren zur Synchronisation im Bereich von Web-Anwendungen (Betrachtet werden nur die Frameworks Backbone.js und Meteor.js)
- Anforderungsanalyse der Software

R3 Konzept:

- Dokumentation des Konzepts der Synchronisation
- Dokumentation der Umsetzung der ausgewählten Synchronisations-Verfahren

R4 Prototyp:

- Dokumentation des Prototypen
- Implementation des Prototypen gemäss Konzept und Anforderungsanalyse
- Implementation zweier ausgewählter Synchronisations- und Konfliktlösungsverfahren

R5 Review:

- Protokoll der Tests des Software Prototypen



Detailanalyse der Aufgabenstellung

Die Detailanalyse der Aufgabenstellung...

B.1. Aufgabenstellung und erwartete Resultate

Recherche:

Es sollen die technischen Grundlagen zur Bearbeitung dieser Thesis zusammengetragen werden. Für das Verständnis wichtige Sachverhalte erläutert und Fachbegriffe erklärt werden.

Erwartet wird ein Glossar, sowie eine Zusammenfassung der bekannten Synchronisations und Konfliktlösungsverfahren, sowie deren Einsatzgebiet.

Analyse:

Eine genauere Betrachtung der ausgewählten Systeme (MySQL, MongoDB, Backbone.js und Meteor.js) zeigt auf, wo die aktuelle Systeme an ihre Grenzen stoßen.

Weiter muss eine Anforderungsanalyse für eine Beispielapplikation durchgeführt werden.

Erwartet wird Sowohl die Dokumentation der Synchronisationsverfahren als auch das Ergebnis der Anforderungsanalyse.

Konzept:

Die Erarbeitung und Überprüfung der Umsetzbarkeit neuer Synchronisationskonzepte wird in der Konzeptionsphase gefordert.

Sowohl eine Darstellung der erarbeiteten Konzepte, als auch eine Umsetzungsplanung derer ist gefordert.

Prototyp:

Der Prototyp soll anhand eines Beispiels aufzeigen, wo die Stärken und Schwächen eines der Konzepte liegt.

Erwartet wird ein Prototyp der zwei Synchronisations- und Konfliktauflösungsverfahren implementiert.

Review:

Das Review soll eine Retrospektive auf die Erarbeiteten Resultate werfen und kritisch hinterfragen.

Erwartet wird ein Protokoll der durchgeführten Tests.

B.2. Aufwandschätzung

Die aus der Projektplanung hervorgehenden Arbeitsschritte müssen geschätzt werden, um eine realistische Terminplanung durchzuführen.

| Arbeitsschritt | Aufwand in Stunden |
|-----------------|--------------------|
| Initialisierung | 10 |
| Recherche | 45 |
| Analyse | 20 |
| Konzeption | 80 |
| Prototyp | 60 |
| Dokumentation | 135 |
| Abgabe | 20 |
| Total | 370 |



Projektmanagement

C.1. Projektplanung

Der vollständige Projektplan ist in der Grafik C.1 dargestellt.

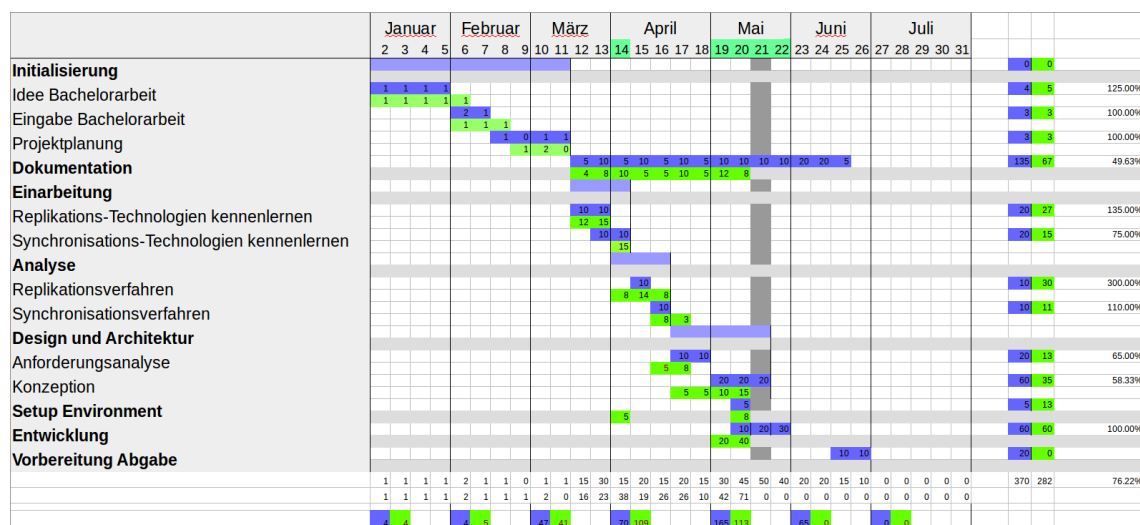


Abbildung C.1.: Projektplan

C.2. Termine

| Termin | Datum | Bemerkungen |
|-----------------------|------------|-------------|
| Kick-Off | 18.03.2015 | |
| Design Review | 20.05.2015 | |
| Abgabe-Entscheid | 06.06.2015 | |
| Abgabe Bachelorthesis | ??? | |

| Termin | Datum | Bemerkungen |
|-----------------------|-------|-------------|
| Abschlusspräsentation | ?? | |

C.3. Dokumentation

Da die Nachvollziehbarkeit von Änderungen in MS Word sehr umständlich ist, habe ich in Betracht gezogen, die Arbeit mit \LaTeX zu schreiben.

Da ich jedoch dieses Format sehr unübersichtlich finde habe ich mich stattdessen für Markdown entschieden. Markdown kann mit dem Tool pandoc in ein PDF Dokument konvertiert werden. Darüber hinaus versteht pandoc die Latex-Syntax.

C.4. Versionsverwaltung

Damit einerseits die Daten gesichert und andererseits die Nachvollziehbarkeit von Änderungen gewährleistet ist, verwende ich git.



Anforderungsanalyse

D.1. Vorgehensweise

Um eine möglichst allgemein gültige Anforderungsanalyse zu erhalten, werden nur die Anforderungen an den Synchronisationsprozess gestellt, welche für alle drei Fallbeispiele gültig sind.

D.1.1. Use-Cases

Im Nachfolgenden werden alle UseCases aufgelistet die im Rahmen dieser Thesis gefunden wurden.

UC-01 Lesen eines Elements

| UseCase | |
|---------------------------|--|
| Ziel | Ein existierendes Objekt wird gelesen. |
| Beschreibung | Der Benutzer kann jedes Objekt anfordern. Das System liefert das angeforderte Objekt zurück. |
| Akteure | Benutzer, System |
| Vorbedingung | Der Benutzer ist im Online-Modus oder Offline-Modus. |
| Ergebnis | Der Benutzer hat das angeforderte Objekt gelesen. |
| Hauptszenario | Der Benutzer möchte eine Objekt lesen. |
| Alternativszenario | - |

UC-02 Einfügen eines neuen Elements

| UseCase | |
|-------------|------------------------------------|
| Ziel | Ein neues Objekt wird hinzugefügt. |

| UseCase | |
|---------------------------|---|
| Beschreibung | Der Benutzer kann neue Objekte hinzufügen. Das System liefert das hinzugefügte Objekt zurück. |
| Akteure | Benutzer, System |
| Vorbedingung | Der Benutzer ist im Online-Modus oder Offline-Modus. |
| Ergebnis | Der Benutzer hat ein neues Objekt erfasst. |
| Hauptszenario | Der Benutzer möchte eine Objekt hinzufügen. |
| Alternativszenario | - |

UC-03 Ändern eines Elements

| UseCase | |
|---------------------------|--|
| Ziel | Ein bestehendes Objekt wird mutiert. |
| Beschreibung | Der Benutzer kann bestehendes Objekte mutieren. Das System liefert das mutierte Objekt zurück. |
| Akteure | Benutzer, System |
| Vorbedingung | Der Benutzer ist im Online-Modus oder Offline-Modus. |
| Ergebnis | Der Benutzer hat ein bestehendes Objekt mutiert. |
| Hauptszenario | Der Benutzer möchte eine Objekt mutieren. |
| Alternativszenario | - |

UC-04 Löschen eines Elements

| UseCase | |
|---------------------------|--|
| Ziel | Ein bestehendes Objekt wird gelöscht. |
| Beschreibung | Der Benutzer kann bestehendes Objekte löschen. |
| Akteure | Benutzer, System |
| Vorbedingung | Der Benutzer ist im Online-Modus oder Offline-Modus. |
| Ergebnis | Der Benutzer hat ein bestehendes Objekt löschen. |
| Hauptszenario | Der Benutzer möchte eine Objekt löschen. |
| Alternativszenario | - |

D.1.2. Anforderungen

In diesem Kapitel sind alle funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen die aus den UseCases resultieren ausgeführt.

FREQ01.01 Abfragen eines Objektverzeichnis

| Anforderung | |
|---------------------|---|
| UC-Referenz | UC-01 |
| Beschreibung | Ein Verzeichnis aller Elemente kann abgefragt werden. |

FREQ01.02 Abfragen eines bekannten Objekt vom Server

| | |
|---------------------|--|
| Anforderung | |
| UC-Referenz | UC-01 |
| Beschreibung | Ein einzelnes Objekt kann von Server abgerufen werden. |

FREQ02.01 Senden eines neuen Objekt

| | |
|---------------------|---|
| Anforderung | |
| UC-Referenz | UC-02 |
| Beschreibung | Ein einzelnes neues Element kann dem Server zur Anlage zugesendet werden. |

FREQ02.02 Abfragen eines neu hinzugefügten Objekt

| | |
|---------------------|--|
| Anforderung | |
| UC-Referenz | UC-02 |
| Beschreibung | Das neue angelegte Element wird dem Client automatisch zurückgesendet. |

FREQ03.01 Senden einer Objektmutation

| | |
|---------------------|--|
| Anforderung | |
| UC-Referenz | UC-03 |
| Beschreibung | Ein Attribut eines existierendes Objekt kann mutiert werden. |

FREQ03.02 Senden einer Objektmutation

| | |
|---------------------|---|
| Anforderung | |
| UC-Referenz | UC-03 |
| Beschreibung | Ein mehrere Attribute eines existierendes Objekt kann mutiert werden. |

FREQ04.01 Löschen eines Objekts

| | |
|---------------------|---|
| Anforderung | |
| UC-Referenz | UC-04 |
| Beschreibung | Eine existierendes Objekt kann gelöscht werden. |

| |
|--------------------|
| Anforderung |
|--------------------|

FREQ04.01 Lokale Kopie gelesener Objekte

| | |
|---------------------|--|
| Anforderung | |
| UC-Referenz | UC-01 |
| Beschreibung | Ein bereits gelesenes Objekt, wird lokal auf dem Client gespeichert. |

FREQ05.01 Aufzeichnen der Mutationen

| Anforderung | |
|--------------|----------------------------------|
| UC-Referenz | UC-01, UC-02, UC-03, UC-04 |
| Beschreibung | Mutationen werden aufgezeichnet. |

FREQ05.02 Übermitteln der Mutationen

| Anforderung | |
|--------------|--|
| UC-Referenz | UC-01, UC-02, UC-03, UC-04 |
| Beschreibung | Sobald eine Verbindung mit dem Server hergestellt ist, werden die aufgezeichneten Mutationen dem Server übermittelt. |

NFREQ01 Übermittlung der Mutationen

| | |
|---------------------|--|
| Anforderung | |
| UC-Referenz | UC-01, UC-02, UC-03, UC-04 |
| Beschreibung | Die Übermittlung der Mutationen zum Server darf eine beliebig lange Zeit in Anspruch nehmen. |

NFREQ02 Abgelehnte Mutationen

| Anforderung | |
|--------------|---|
| UC-Referenz | UC-01, UC-02, UC-03, UC-04 |
| Beschreibung | Wenn eine Mutation vom Server abgelehnt wird, wird dem Client die aktuell gültige Version des entsprechenden Objekts übermittelt. |

D.1.3. Akzeptanzkriterien

D.1.4. Bewertung der Anforderungen

D.2. Risiken



Verzeichnisse

E.1. Quellenverzeichnis

- [1] Bernadette Charron-Bost. *Replication: Theory and Practice*. Hrsg. von Fernando Pedone und André Schiper. Lecture Notes in Computer Science. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. ISBN: 978-3-642-11294-2.
- [2] *DB-Engines Ranking*. <http://db-engines.com/de/ranking>. [Online; accessed 19-March-2015]. 2015.
- [3] Mike Elgan. *The hottest trend in mobile: going offline!* <http://www.computerworld.com/article/2489829/mobile-wireless/the-hottest-trend-in-mobile--going-offline-.html>. [Online, accessed 13-Januar-2015]. 2014.
- [4] Roy Thomas Fielding. *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures*. http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/fielding_dissertation.pdf. [Online, accessed 19-Marc-2015]. 2000.
- [5] Bill Fisher. *Flux: Actions and the Dispatcher*. <http://facebook.github.io/react/blog/2014/07/30/flux-actions-and-the-dispatcher.html>. [Online, accessed 10-Mai-2015]. 2014.
- [6] Andrew Lipsman. *Major Mobile Milestones in May: Apps Now Drive Half of All Time Spent on Digital*. <http://www.comscore.com/Insights/Blog/Major-Mobile-Milestones-in-May-Apps-Now-Drive-Half-of-All-Time-Spent-on-Digital>. [Online, accessed 13-Januar-2015]. 2014.
- [7] Andreas Meier. *Relationale und postrelationale Datenbanken*. Bd. 7. eXamen.pressSpringerLink. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. ISBN: 978-3-642-05256-9.
- [8] *MySQL 5.6 Reference Manual*. <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.6/en/>. [Online, accessed 19-Marc-2015]. 2014.
- [9] Satoshi Nakamoto. *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. 2009.
- [10] *Verteilte Algorithmen*. <https://www.vs.inf.ethz.ch/edu/HS2014/VA/Vorl.vert.algo12-All.pdf>. [Online, accessed 19-March-2015]. 2014.

- [11] *Verteilte Systeme*. <https://www.vs.inf.ethz.ch/edu/HS2014/VS/slides/VS-Vor114-all.pdf>. [Online, accessed 19-March-2015]. 2014.

E.2. Tabellenverzeichnis

| | | |
|------|--|----|
| 9.1 | Attribute Firmen-Kontakt | 13 |
| 9.2 | Attribute Support-Fall | 14 |
| 9.3 | Klassifikation Attribute Kontakt | 16 |
| 9.4 | Klassifikation Attribute Kontakt | 17 |
| 9.5 | Klassifikation Attribute Facebook Benutzerdaten | 17 |
| 9.6 | Klassifikation Attribute Facebook Post | 17 |
| 9.7 | Klassifikation Attribute Facebook Kommentar | 17 |
| 9.8 | Klassifikation Attribute Google Kalendereintrag | 18 |
| 11.1 | Konzept Vergleich Multistate - Singlestate | 32 |
| 11.2 | Konzept Vergleich Konfliktverhinderung - Konfliktauflösung | 32 |

E.3. Abbildungsverzeichnis

| | | |
|------|--|----|
| 6.1 | Verteilung der online verbrachten Zeit nach Plattform (Grafik erstellt gemäss der Daten von [6]) | 2 |
| 10.1 | Singlestate | 21 |
| 10.2 | Multistate | 22 |
| 10.3 | Update Transformation | 23 |
| 10.4 | Merge | 24 |
| 10.5 | Merge | 25 |
| C.1 | Projektplan | 51 |