Web-basierte Systeme

09: Serverseitige Implementierung

Wintersemester 2024

Rüdiger Kapitza

Lehrstuhl für Informatik 4
Systemsoftware

Friedrich-Alexander-Universität
Technische Fakultät

Serverseitige Implementierung von Web-basierten Systemen

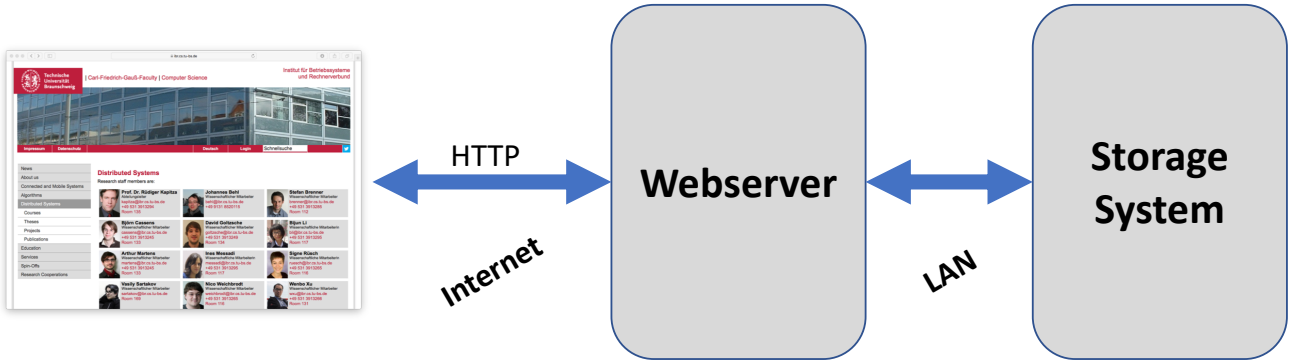
Serverseitige Implementierung

Zielsetzung der Lerneinheit

- Kennenlernen der Basisfunktion und Architektur eines Webservers
- Überblick zu Datenhaltung von Webanwendungen

Serverseitige Implementierung

Basisarchitektur



- Webserver - können in Prinzip in statisch, statisch aber konfigurierbar und dynamisch unterteilt werden.
  - Oft werden statisch und dynamische Webserver miteinander kombiniert
- Storage Systeme - sehr verschiedene Ausprägungen möglich
  - klassische **SQL-Datenbanken, NoSQL-Datenbanken**, Key/Value Stores aber auch Blob-Storage und Dateisysteme spielen eine Rolle

Webserver

Webserver

Grundfunktionalität

- Implementiert HTTP und kommuniziert mit dem Browser
- Klassischer Server-Dienst
  - Unterschiedliche Architekturen: Prozess-, Thread-basiert oder Zustandsmaschine sowie Mischformen
- Hauptschleife mit der Aufgaben: eine Verbindung anzunehmen, die Anfrage zu lesen, sie zu verarbeiten, das Schreiben der Rückantwort und abschließend beenden der Verbindung
- Im Falle eines statischen Webservers sieht das ungefähr wie folgt aus:

```
1  // Answer a single request ...
2  int fd = open("index.html");
3  int len = read(fd, fileContents, sizeOfFile(fd));
4  write(tcpConnection, httpRespHeader, headerSize);
5  write(tcpConnection, fileContents, len);
```

  - Hier ist ein Zugriff auf die Festplatte nötig (...aber auch das Dateisystem hat einen Zwischenspeicher)

Webserver

Verwendung des Common Gateway Interface (CGI)

- Anfrage nach einer dynamisch zu erstellenden Seite (bspw. index.php)
  - Erwirkt intern ein `fork()` mit dem entsprechenden Hilfsprogramm und es erfolgt eine Übergabe der Verbindung zum Client
  - Programm ergänzt ein Template und greift dazu auf Informationen aus der Datenbank zurück

Webserver

Frameworks der zweiten Generation

- Webserver führt pro Anfrage ein Programm – den Controller aus:
  - Es wird die URL und die HTTP-Anfrage geparst, um Parameter für die weitere Verarbeitung zu erhalten
  - Parameter werden verwendet, um das Model der Anwendung beim Datenbanksystem anzufordern
  - Die View-Komponente wird ausgeführt welche unter Verwendung eines Templates und des Models eine HTML-Seite erzeugt

Webserver

Beispiel: Für Rails wird ein Programm pro URL ausgeführt

- URL `/rails_intro/hello`
- Ausführung des `hello.rb` Controllers welcher das Model aus der Datenbank anfordert
- Das Model wird nun mit einem Template zusammengeführt: `hello.html.erb` (Mix aus HTML und Ruby)
- Welche Rolle spielt hier JavaScript?
  - Nur eine Ressource die eingebunden wird

Webserver

Webserver für JavaScript-Frameworks

- Für die meisten Webanwendungen können im Prinzip einfache Webserver verwendet werden
  - Templates (HTML und CSS)
  - JavaScript Dateien
- Weitere Kommunikation zwischen Browser und Server im Kontext von Model-Daten
  - CRUD (Create, Read, Update, Delete) der Model-Daten
  - Zugriff und Modifikation von Sitzungsdaten
- Im Prinzip geringe Anforderungen an die Infrastruktur
  - HTTP GET von statischen Dateien ist dominant
  - Operationen auf den Daten - hier hauptsächlich Interaktion mit der Datenbank

Node.js Motivation und Basiskonzepte

- Man nehme die JavaScript-Laufzeitumgebung eines Browsers – v8
  - Eine Sprache auf Client & Server-Seite
- Ergänze Ereignisse und entsprechende Verwaltungsstrukturen
  - Alle Aufrufe werden durch die Hauptereignisschleife behandelt (wie im Browser)
- Ergänze eine Schnittstelle zum Betriebssystem
  - Alle blockierenden Aufrufe müssen behandelt werden (Zugriff auf Sockets und Dateien)
  - Unterstützung für Ereignisbehandlungsroutinen
- Bereitstellung eines vernünftigen Modulsystems
  - Bspw. die Verwendung von getrennten Sichtbarkeitsbereichen

Webserver

Node.js

Threads

```
1  request = readRequest(socket);
2  reply = processRequest(request);
3  sendReply(socket, reply);
```

Implementierung

- Operationen sind blockierend
- Es wird Scheduler benötigt

Events

```
1  readRequest(socket, function(request) {
2     processRequest(request,
3         function (reply) {
4           sendReply(socket, reply);
5  }); });
```

Implementierung

- Nicht-blockierend und feingranulare Verarbeitung von Ereignissen

Webserver

Node.js

- Interne Severschleife

```
1 while (true) {
2         if (!eventQueue.notEmpty()) {
3            eventQueue.pop().call();
4         }
5 }
```

- Maxime: Niemals warten oder blockieren in einer Ereignisbehandlungsroutine
  - Beispiel: `readRequest(socket);`
    1. `launchReadRequest(socket);` // Kehrt sofort zurück
    2. Bei Abschluss der Leseoperaiton: `eventQueue.push(readDoneEventHandler);`

Beispiel: Lesen einer Datei

```
1  var fs = require("fs");
2
3  // fs object wraps OS sync file system calls
4  // OS read() is synchronous but Node's fs.readFile is asynchronous
5  fs.readFile("smallFile", readDoneCallback); // Start read
6
7  function readDoneCallback(error, dataBuffer) {
8  // Node callback convention: First argument is JavaScript Error object
9  // dataBuffer is a special Node Buffer object
10    if (!error)  {
11       console.log("smallFile contents", dataBuffer.toString());
12  } }
```

Thread-basierte versus Ereignis-basierte Programmierung

- Threads: blockieren und warten ist transparent
- Ereignisse: blockieren und warten erfordert Rückrufe
- Daumenregel
  - Falls Code nicht blockiert in beiden Fällen gleich
  - Falls Code blockiert: Einsatz einer Rückrufroutine
    - ...return wird zu einem Funktionsaufruf

Webserver

Express.js - als *minimales* Framework für Node.js

- Stellt eine dünne Schicht oberhalb der Node.js-Schnittstelle bereit
  - Unterstützung für HTTP
    - Grundsätzliche Verarbeitung von HTTP-Anfragen – wird schon von Node.js bereitgestellt
  - Routing
    - Abbildung von URLs auf Funktionen
    - Im Kern wird eine Routingtabelle bereitgestellt
  - Middleware-Funktionen
    - Ermöglicht es die Behandlung von Sitzungen, Cookies, Sicherheit, usw. zu ergänzen

Webserver

Express.js Minimalbeispiel

```
1  var expressApp = express();
2  expressApp.get('/', function(httpRequest,httpResponse){
3    httpResponse.send('hello world');
4  });
5  expressApp.listen(3000);
```

- Express-Anwendung (expressApp) stellt Methoden bereit für
  - Routing von HTTP-Anfragen
  - Erzeugen von HTML mittels Templates
  - Schnittstelle zum konfigurieren der Middleware des Preprozessors

Webserver

Routing

- Reihe von Basisroutinen (kleiner Ausschnitt):

```
1 expressApp.get(urlPath, requestProcessFunction);
2 expressApp.post(urlPath, requestProcessFunction);
3 expressApp.put(urlPath, requestProcessFunction);
4 expressApp.delete(urlPath, requestProcessFunction);
5 expressApp.all(urlPath, requestProcessFunction);
```

- `urlPath` kann Parameter enthalten

Webserver

Verarbeiten einer HTTP-Anfrage mit dem httpRequest-Objekt

```
1 expressApp.get('/user/:user_id', function (httpRequest,
      httpResponse)
```

- Objekt mit zahlreichen Eigenschaften
  - Die auch im Kontext der Verarbeitung ergänzt werden (siehe Middleware)
- `request.params` – Parameter der Route (z.B. `user_id`)
- `request.query` – Anfrageparameter (e.g. `&foo=9` `foo: '9'`)
- `request.body` – Objekt welches den geparsten Body enthält
- `request.get(field)` – HTTP Header Parameter

Verarbeiten einer HTTP-Antwort mit dem httpResponse object

```
1  expressApp.get('/user/:user_id', function (httpRequest, httpResponse) ...
```

- Object with a number of methods for setting HTTP response fields
  - `response.write(content)` – Erzeugen der Antwort
  - `response.status(code)` – HTTP Code setzten
  - `response.set(prop, value)` – Header-Werte setzten
  - `response.end()` – Beenden und absenden der Antwort
  - `response.send(content)` Äquivalent zu `write()` und `end()`
- Zusammensetzten einer Antwort

```
1  response.status(code).write(content1).write(content2).end();
```

Middleware

- Wichtig um sich flexible in die Anfrageverarbeitung einzublenden

```
1  expressApp.all(urlPath, function (request, response, next) {
2      // Do whatever processing on request (or setting response)
3      next(); // pass control to the next handler
4  });
```

- oder aber nur Anfragen die durch den Routingmechanismus laufen:

```
1  expressApp.use(function (request, response, next) {...});
```

- Beispiele
  - Überprüfen ob ein Benutzer authentifiziert ist
  - Parsen und konvertieren der Anfrage (bspw. JSON) und hinzufügen des Ergebnisses an `request.body`
  - Sitzungsverwaltung, Cookie-Mgt., Kompression, Verschlüsselung etc.

Datenhaltung

Datenhaltung

Storage Systeme für Webanwendungen

- Hohe Verfügbarkeit - Daten sind zugreifbar und können aktualisiert werden
  - Muss skalierbar sein und einen nebenläufigen Zugriff ermöglichen
  - Möglichst fehlertolerant – Datenverlust ist fatal
- Ermöglicht es Anwendungsdaten wohlstrukturiert abzulegen
  - Schneller Zugriff auf die Model-Daten einer View
  - Eine Weiterentwicklung der Anwendung und es Datenmodels wird unterstützt
- Wie immer ist eine einfache Verwendbarkeit von zentraler Bedeutung

Relationale Datenbanken

- Relationale Datenbanken haben sich gegen eine ganze Reihe von früheren Ansätzen durchgesetzt
- Minimale Wiederholung (siehe RDB 1)
  - Daten werden in Tabellen (den Relationen) abgelegt
  - Jede Zeile (Tupel) in einer Tabelle ist ein Datensatz (record).
  - Jedes Tupel besteht aus einer Reihe von Attributwerten (Attribute = Eigenschaften), den Spalten der Tabelle.
- Das Datenbankschema beschreibt die Struktur der Datenbank
- Zugriff erfolgt über die Structured Query Language (SQL)
  - Sprache mit vielen Optionen um die richtigen Daten zu erheben
  - Grundidee Nutzer sagt was er sucht und das Datenbanksystem bestimmt wie das effizient zu tun ist

Objektrelationale Abbildung

- Mit der Zeit hat sich herausgestellt das ein relationales Datenmodel und Webanwendungen nicht immer zusammenpassen
  - Wie passen Objekte und Tabellen zusammen?
  - Evolution von Webanwendungen kann nur schwierig auf eine relationale Datenbank abgebildet werden
  - Als Konsequenz wurde eine automatisierte Abbildung von Objekten auf SQL Datenbanken durchgeführt
  - Beispiel: Rails Active Records
    - Objekte werden auf Datensätze abgebildet
    - Pro Klasse eine Tabelle (als Models in Rails)
    - Objekte sind damit als Zeile in einer Tabelle repräsentiert
    - Attribute sind als Spalten abgebildet
  - Unterstützung zur Schemaerzeugung und Evolution sowie die nötigen SQL Operation für Objekte werden bereitgestellt

NoSQL Datenbanken

- Als weiterer Evolutionsschritt haben sich die NoSQL-Datenbanken etabliert die besser zum Objekt/Dokument-basierten Model aktueller Webanwendungen passen
- Prominentes Beispiel: MongoDB
  - Datenmodel besteht aus Sammlungen von Dokumenten (JSON Objekten)
  - Verfügt über eine ausdrucksstarke Anfragesprache
  - Stellt Indices für schnellen Zugriff bereit
  - Zielt auch auf Skalierbarkeit und Zuverlässigkeit ab

Schemafrei oder nicht?

- Speichern und verwalten von JSON Objekten ist sehr flexibel aber das ist nicht immer wünschenswert
  - Beispiel: `<h1>Hello {{person.informalName}}</h1>`
  - Dies funktioniert gut wenn `person.informalName` einer Zeichenkette entspricht und eine gewisse Größe nicht übersteigt
- Wenn man nun ein Schema etablieren will geht dies im Prinzip mittels Validatoren für modifizierende Operationen
- Als Alternative kann man bspw. Mongoose mit der zugehörigen Object Definition Language (ODL) verwenden
  - Bildet Konzepte aus dem Kontext der objektrelationalen Abbildung auf eine einfachere API ab.

Zusammenfassung

- Webserver zentrales Element: statisch versus dynamisch
  - Unklar wohin die Reise geht …
- Datenhaltung auch im Dialog zwischen Flexibilität und Bedarf nach Schema
- Nur an der Oberfläche gekratzt
  - Aspekte wie Aufteilung zwischen statischen und dynamischen Webservern nicht betrachtet
  - Abwägung zwischen verschiedenen Systemen zur Datenhaltung wurde nicht vertieft
  - Usw.