Web-basierte Systeme

09: Clientseitige Architekturmuster

Wintersemester 2025

Rüdiger Kapitza

Lehrstuhl für Informatik 4
Systemsoftware

Friedrich-Alexander-Universität
Technische Fakultät

Vorläufiger Vorlesungsplan

16. Oktober	Einführung und Darstellung von Webseiten
23. Oktober	HTML und CSS
30. Oktober	Hypertext Transfer Protocol
6. November	Browser Schnittstellen
13. November	Kommunikationsschnittstellen im Browser
20. November	WebAssembly
27. November	Architektur moderner Browser
4. Dezember	Clientseitige Architekturmuster und serverseitige
11. Dezember	Implementierung von Web-basierten Systemen
	Vorbereitung Papieranalyse
8. Januar	Papieranalyse
15. Januar	**Lastverteilung durch Zwischenspeicher**
22. Januar	Aspekte von Web Sicherheit
29. Januar	Web3
5. Februar	Zusammenfassung und Ausblick

Clientseitige Architekturmuster

Clientseitige Architekturmuster

Zielsetzung der Lerneinheit

- Kennenlernen der verschiedene Evolutionsschritte von Webanwendungen und der zugehörigen Systemunterstützung
- Kurzer Überblick und technische Herausforderungen von Single Page Applications (SPAs)

Clientseitige Architekturmuster

Ausgangspunkt

- Zunächst nur statische HTML-Seiten und Formulare für Benutzereingaben
- **Common Gateway Interface** (CGI)
  - URLs verweisen auf Programme, die dyna. Webseiten erzeugen
  - Laufzeit der Programme ist auf die Erstellung der Seite begrenzt
  - Wichtige Umgebungsvariablen werden an das Programm übergeben, ebenso alle wichtigen Informationen zur Anfrage

  $\Rightarrow$ Zustandslose Dienste ermöglichen Skalierbarkeit
    - Jede Anfrage ist unabhängig von der vorangegangenen Anfrage
  - Perl war lange Zeit die bevorzugte Sprache für CGI-Programme
- Nachteile des CGI
  - Mit jeder Anfrage muss ein Prozess gestartet werden und dieser bspw. im Falle von Perl das entsprechende Skript laden
  - Abhilfe schaffen integrierte Module (z.B. `mod_perl`) oder auch FastCGI deren Laufzeit nicht an einzelne Anfragen gebunden sind

Clientseitige Architekturmuster

Erste Frameworks für Webanwendungen

- Laufzeitsystem der verwendeten Programmiersprache ist direkt in einen Webserver integriert
- *Templates* als Mittel der Wahl: Mix aus Code und HTML
- Vielzahl von web-spezifischen Bibliotheken
  - URL Verarbeitung
  - Erzeugung von HTML Code
  - Mechanismen für den Aufbau von Sitzungen
  - Schnittstellen zum Zugriff auf Datenbanken
- Beispiele: PHP, ASP.net und `JavaServlets`

Beispiel: JavaServlets

- Java-Klassen mit standardisierter Schnittstelle zur Verarbeitung von Anfragen

```
public class SimpleServlet extends HttpServlet {
        ...

        @Override
        protected void doGet(HttpServletRequest request, HttpServletResponse response)
                        throws ServletException, IOException {
                response.getWriter().println("Hello World!");
        }

        @Override
        public void init() throws ServletException {
                System.out.println("Servlet " + this.getServletName() + " has started");
        }

        @Override
        public void destroy() {
                System.out.println("Servlet " + this.getServletName() + " has stopped");
        }
}
```

- Einfach auszuprobieren mit Jetty (`https://www.eclipse.org/jetty/`)

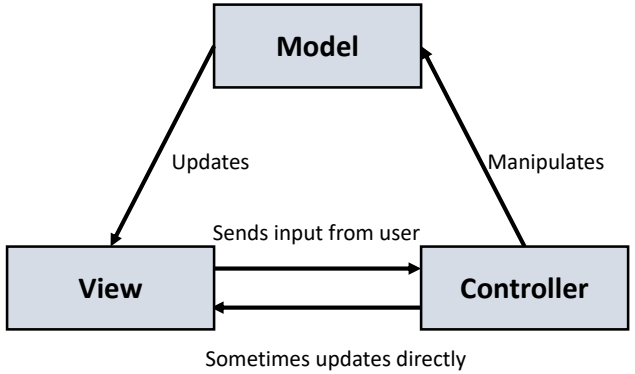
Clientseitige Architekturmuster

Zweite Generation von Frameworks für Webanwendungen

- Model-View-Controller (MVC) als Architekturmodell zur Dekomposition von Webanwendungen
- Abbildung von Objekten auf die Strukturen von Datenbanken
  - Einfachere Behandlung von dynamischen Daten
- Beispiele: Ruby on Rails und Django (`https://www.djangoproject.com/`)

Clientseitige Architekturmuster

Model-View-Controller (MVC) Entwurfsmuster



- **Model:** Verwaltet die Daten der Anwendung
  - JavaScript Objekte – alle wichtigen Daten der Anwendung
- **View:** Darstellung der Webseite (z.B. HTML/CSS)
- **Controller:** Lädt Model und View, kontrolliert/organisiert die Interaktion mit dem Nutzer
  - JavaScript Skripte – Behandlung von DOM-Ereignissen und Interaktion mit dem Webserver
- Als Entwurfsmuster schon lange bekannt – Wurzeln in der Sprache Smalltalk

Erzeugung einer View

- Webanwendung erzeugt HTML und CSS
- `Templates` sind der dafür gebräuchliche Ansatz
  - Bspw. zur Ausformulierung von häufig genutzten Teildokumenten
  - Ergänzt durch kleine Codefragmente zur Erzeugung von dynamischen Anteilen
  - Vor Auslieferung wird Code ausgeführt und die Ergebnisse in die Webseite eingefügt
- Vorzüge von Templates (...gegenüber JS Progra. des DOM)
  - HTML-Struktur bleibt erhalten – Templates können oft direkt im Browser betrachtet werden
  - Ermöglicht eine gute Einschätzung, wie sich dynamische Inhalte in die Website einfügen
  - Templates können im Server oder im Browser ausgefüllt werden (!)

Clientseitige Architekturmuster

Controller

- Verantwortlichkeiten
  - Verbindet Model und View
    - Dies beinhaltet Kommunikation mit dem Server um Modelle abzuholen und Änderungen abzulegen
  - Kontrolliert welche Templates angezeigt werden
  - Reagiert auf Benutzereingaben
- Mit der dritten Generation von Frameworks werden diese typischerweise im Browser ausgeführt

Model

- Model stellt alle nicht-statischen Daten bereit, die von Views und Controllern benötigt werden
- Stehen in Bezug und Abhängigkeit zum Datenbankschema der Anwendung
  - Object Relational Mapping – jede Zeile entspricht einem Objekt
- Das Datenbankmodel wird oft durch die Webentwicklung/Views stark beeinflusst
- Mögliche Konflikte zwischen Datenbankschema und Anwendungsmodellen – Anwendungen sind oft dynamischer und erfordern mehr Flexibilität

Clientseitige Architekturmuster

Model-View-Controller als allgegenwärtiges Architekturmuster

- Findet Verwendung in vielen Frameworks
- Webanwendungen setzten sich zunehmend aus Komponenten zusammen, welche auch nach dem MVC-Muster strukturiert sind
    - Die Aufteilung in Model, View und Controller ist auf Komponentenebene zu beantworten

Clientseitige Architekturmuster

Beispiel: Django

- Viele Frameworks interpretieren MVC auf die eine oder andere Weise. Bei Django spricht man von einem MTV-Framework:
- **M**odel – Datenzugriff und Relation zwischen Daten
- **T**emplate – Präsentationsschicht
- **V**iew – Anwendungslogik
- View ist nicht wirklich View im Sinne von MVC!

Clientseitige Architekturmuster

Dritte Generation von Frameworks für Webanwendungen

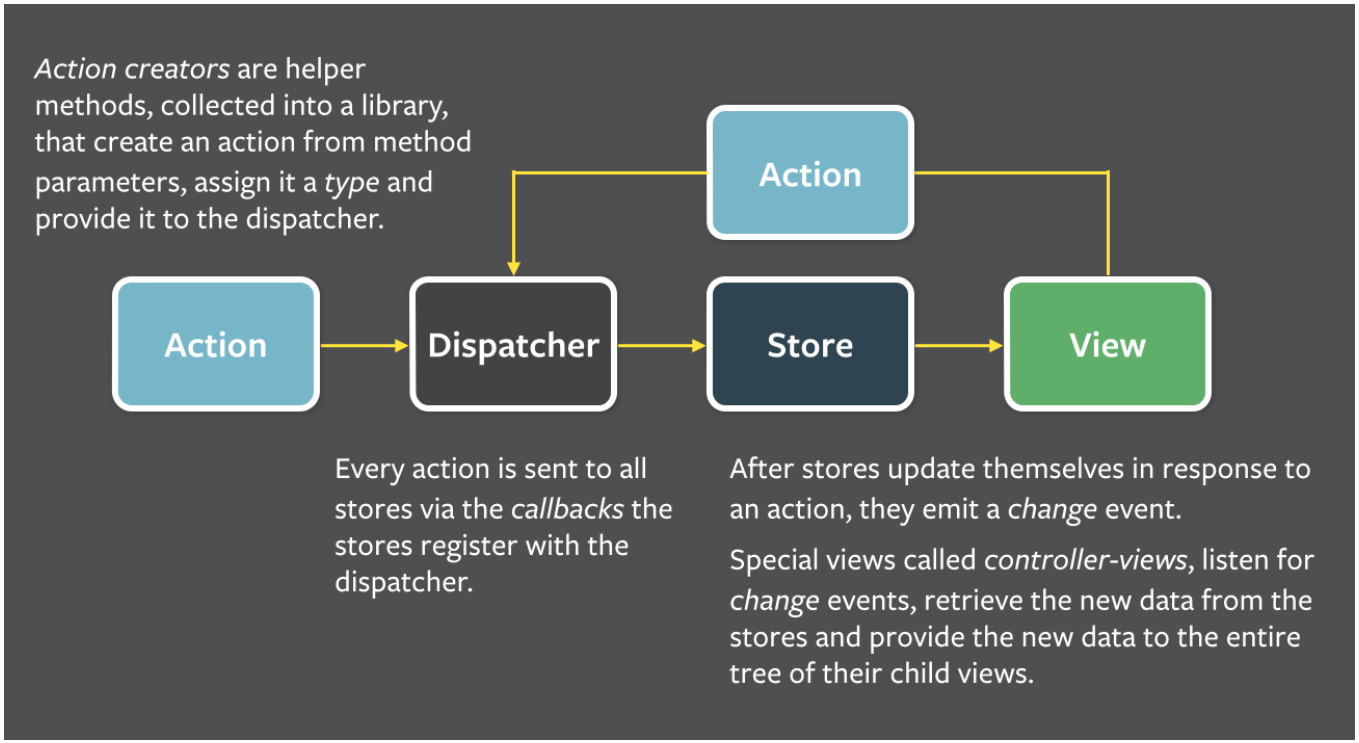
- JS-basierte Frameworks die im Browser ausgeführt werden
  - Mehr Anwendungscharakter als zuvor
  - Interaktive und responsive Anwendungen
- Weniger Anforderungen an die serverseitige Infrastruktur
  - `Node.js` als Umgebung für JavaScript auf Serverseite
  - NoSQL Datenbank (z.B. MongoDB)
- Weiterentwicklung existierender Konzepte
  - Model-View-Controller
  - Templating
- Beispiele: AngularJS 1 und ReactJS

Wo geht die Reise aktuell hin?

- Flux Muster für skalierbare Webanwendungen im Browser

Flux Muster - Erweitert MVC für komplexe Webanwendungen

- Unidirektionales Kommunikationsmodel



Flux Elemente

- **Actions** kapselt Zustandsänderungen
- **Store** kapselt den Zustand und macht ihn manipulierbar über Actions und aktualisiert die View:
  - Kann durch Komponenten gelesen werden
  - Kann nur durch Actions modifiziert werden
  - Erzeugt Ereignisse bei Zustandsänderungen
- **View** UI,
  - Registriert sich für Veränderungen beim Store
  - Löst Actions basierend auf Nutzereingaben aus
- **Dispatcher** Übermittelt Actions um die Daten des Stores zu verändern

Single Page Applications

Single Page Applications (SPA)

- SPA entspricht einer Webanwendung, die auf Benutzereingaben mit einer veränderten Darstellung reagiert - ohne eine neue HTML-Seite vom Server zu laden
- Vorteil: Durch das Vermeiden einer Kommunikation mit dem Webserver, wird eine schnellere Reaktion ermöglicht
- Das klingt einfach, aber Benutzer navigierten mit
  - Standardfunktionen des Browsers (vorwärts/rückwärts)
  - Auswahl eines Lesezeichens
  - oder einfach mit dem erneuten Landen einer Seite
- Konsequenz, der aktuelle Bearbeitungsstand geht ohne weitere Maßnahmen verloren
  - URLs (& Cookies) sind die einzigen Informationen, welche erhalten bleiben

Single Page Applications

Anforderung an Single Page Applications

- Ausgangspunkt: Server stellt Seiten bereit
  - Jede Seite hat ihre eigene URL und die Anwendung wechselt zwischen ihnen mit Unterstützung des Servers
- Erste JavaScript Anwendungen: Ein Seite mit zugehörigem Skript
  - Problem: Ein Seitenwechsel bedingt den Neustart der Anwendung und es gehen alle Informationen verloren
  - Teillösung: Warnhinweis an den Benutzer!

```
window.onbeforeunload=function(e){ return 'Gleich ...'; }
```

- **Anforderungen** von Benutzern sind aber eher:
  - Navigation mit der Menüleiste des Browsers
  - Hin- und zurück wechseln zur Anwendung
  - Lesezeichen in die Anwendung
  - Austausch von URLs, welche auf einen bestimmten Anwendungszustand verweisen
  - Neuladen der Seite ohne Datenverlust

Deep Linking und SPAs

- URL einer Webanwendung soll deren Kontext umfassen – so dass der Browser ihn mit Hilfe der URL wiederherstellen kann
  - Vorteilhaft für Lesezeichen und das Teilen von Links
- Wodurch ergibt sich der Kontext? Er wird durch den Anwendungsentwickler festgelegt!
  - Bsp.: Seite enthält Inhaltselemente und ein Fenster zum Editieren
  - Wohin soll der Link verweisen?
  - Macht es einen Unterschied, ob ich den Link speichere oder weiterleite?
  - Wie sieht es mit der Navigation aus?
  - Was passiert beim erneuten Laden der Seite?

Deep Linking für SPAs

Im Prinzip sind zwei Ansätze vorstellbar:

- Zustand in der URL der Anwendung verwalten
  - Lösung zur Navigation und für das erneute Landen einer Seite
  - Benutzer können Link aus der Navigationsleiste nützen
- Es wird ein Funktion zum Erzeugen eines Deep Links bereitgestellt
  - Benutzer können bei Bedarf einen Deep Link erstellen
  - Link in der Navigationsleiste bleibt formschön

In jedem Fall muss die Anwendung in der Lage sein, ihre URLs zu interpretieren und ihren Zustand wiederherzustellen

Single Page Applications

Navigation innerhalb einer Anwendung

- `window.location` ermöglicht Zugriff und Manipulation der aktuellen URL
  - Elemente: `protocol`, `hostname`, `pathname`, `search` und `hash`
  - `pathname` indiziert was angezeigt werden soll
  - `search` und `hash` geben zusätzliche Informationen wieder

Router

- SPAs und zugehörige Frameworks verfügen typischerweise über eine Routingkomponente
  - Diese überprüft auf das Vorkommen einer Route in der URL bzw. typischerweise des `pathname`
  - Gibt es eine Passung, wird eine hierfür registrierte Funktion ausgelöst
  - Entspricht bspw. dem *Observer*-Entwurfsmuster

Single Page Applications

Navigation innerhalb einer Anwendung

- Wenn ein Link ausgelöst wird, so übernimmt normalerweise der Browser die Navigation
- Dies kann jedoch durch `event.preventDefault()` unterdrückt werden – und eine Behandlung kann innerhalb der Anwendung erfolgen

Wie erfolgt die Aufzeichnung eines Verlaufs im Browser?

- Es gibt eine aufgezeichnete Historie, in der vorwärts und rückwärts navigiert werden kann
- Was passiert, wenn man zurückgeht und anders abbiegt? …oder eine Seite neu lädt?

Verwendung der `history` API

- Idee: Anstatt für jede neue URL eine `document`-Instanz zu erzeugen, wird die aktuelle Instanz wiederverwendet & aktualisiert
- Hierfür stellt der Browser über `window` die `history` API bereit
- Kernfunktionen sind
  - `go()` – Navigation innerhalb des Browserverlaufs
    - z.B., go(-1) eine Schritt zurück
  - `pushState()` – Erzeugen eines neuen Eintrags im Verlauf ohne Laden einer URL
  - `replaceState()` – Aktualisieren eines Eintrags (innerhalb der Domäne) ohne erneutes Laden

Single Page Applications

Lösung: Verwendung der `history` API

- Parameter von `pushState()` und `replaceState()`
  - `state` - serialisierbares JavaScript-Objekt, das gespeichert wird
    - Problematisch, wenn eine URL direkt zur Navigation verwendet wird, da dann der Zustand nicht vorhanden ist
    - 16 MiB für Firefox
  - `title` - wird noch nicht ausgewertet
  - `path` - URL, absoluter oder relativer Pfad mit der Beschränkung des gleichen Protokolls und Hosts
- Auswirkung von `pushState()` auf den Verlauf: Neuer Eintrag im Verlauf
- Auswirkung von `replaceState()`: Aktueller Eintrag wird verändert.

Single Page Applications

Navigation mittels der `history` API

- Man unterbindet das native Verhalten bezüglich der Links der Anwendung
  - Siehe `event.preventDefault()`
- Entsprechende Behandlungsroutinen benutzen dann `pushState()` und `replaceState()`
- Weiterhin muss die entsprechende Routing-Komponente informiert werden
- Es gibt aber Ausnahmen beispielsweise *clicks* mit gedrückten Funktionstasten
- Abfangen der direkten Browsernavigation um die Routerkomponente zu informieren
  - Entsprechende Navigationsereignisse erzeugen ein `popstate`-Ereignis, für welches man sich registrieren kann

Single Page Applications

Zusammenfassung

- Normale Navigationsfunktionen müssen ersetzt bzw. umprogrammiert werden
- Notwendige Änderungen sind in aktuellen Frameworks implementiert und man muss sich kaum selber kümmern
- Single Page Applications bringen natürlich noch weiter Herausforderungen mit sich …