DOI 10.58351/2949-2041.2026.40.11.015

Богушевич Антон Максимович,
Магистрант, РУТ (МИИТ)
Bogushevich Anton Maksimovich

Морозова Вера Ивановна
Кандидат экономических наук, доцент, РУТ (МИИТ)
Morozova Vera Ivanovna

ПОВЫШЕНИЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА БАЗЕ МЕТОДА АДАПТИВНОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ МЕЖДУ СЕРВЕРНЫМ РЕНДЕРИНГОМ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ЧЕРЕЗ ПРОГРАММНЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ ПРИЛОЖЕНИЙ
ENHANCING THE FAULT TOLERANCE OF WEB APPLICATIONS IN CRITICAL INFRASTRUCTURE THROUGH ADAPTIVE SWITCHING BETWEEN SERVER-SIDE RENDERING AND APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE

Аннотация. В статье исследуется проблема повышения отказоустойчивости веб-приложений объектов критической информационной инфраструктуры в условиях блокировок сетевых ресурсов и снижения покрытия сетей связи. Рассмотрена эффективность технологии адаптивного переключения между серверным рендерингом и взаимодействием через программные интерфейсы приложения.

Abstract. The article examines the problem of increasing the fault tolerance of web applications for critical information infrastructure facilities under conditions of network resource blocking and reduced communication network coverage. The effectiveness of the technology for adaptive switching between server-based rendering and interaction via the application’s programmatic interfaces is examined.

Ключевые слова: Отказоустойчивость, критическая инфраструктура, серверный рендеринг, программные интерфейсы приложения, адаптивная архитектура, сетевые задержки.

Keywords: Fault tolerance, critical infrastructure, server-side rendering, application programming interface, adaptive architecture, network latency.

Цифровая трансформация объектов критической информационной инфраструктуры сопровождается активным внедрением программных интерфейсов в системы управления, мониторинга и оповещения. Указанные системы охватывают предприятия, где качество и покрытие сетей связи ограничены. В современных условиях функционирования веб-приложений критической информационной инфраструктуры дополнительно сталкиваются с проблемой блокировок сетевых ресурсов и нестабильности каналов связи между распределёнными узлами инфраструктуры. Частичная недоступность серверных сервисов, рост сетевых задержек при маршрутизации трафика через альтернативные узлы, снижение пропускной способности каналов – всё это существенно влияет на доступность веб-приложений и непрерывность бизнес-процессов.

Традиционные подходы к построению веб-приложений, в указанных условиях, обладают рядом существенных ограничений. Архитектура с полным серверным рендерингом обеспечивает высокую скорость, однако критически зависит как от доступности ресурсов сервера, так и от стабильности сетевых каналов между сервером и сервисами. При этом готовый документ гипертекстовой разметки имеет значительный объём, что критично в условиях ограниченных каналов связи. При переходе на клиентский рендеринг с использованием программных интерфейсов приложений нагрузка на сервер и объем передаваемых данных снижается, однако приложение становится полностью зависимым от сетевой доступности серверных сервисов и качества каналов связи. Особую значимость для объектов критической инфраструктуры приобретает фактор сетевых задержек, в условиях

использования защищённых каналов связи. Именно задержки становятся определяющими параметрами доступности веб-приложения. Данные подходы, как правило, не учитывают динамику сетевых характеристик при выборе режима рендеринга, что снижает общую отказоустойчивость систем в условиях блокировок и снижения покрытия сети [1].

Актуальной задачей является разработка метода, позволяющего веб-приложениям критической инфраструктуры адаптироваться к изменяющимся сетевым условиям и сохранять работоспособность при деградации каналов связи и частичной недоступности сервисов. Предлагаемый метод адаптивного переключения между серверным рендерингом и взаимодействием через программные интерфейсы приложения использует сетевые задержки в качестве основного критерия принятия решений, что позволяет повысить отказоустойчивость веб-приложений объектов критической информационной инфраструктуры в условиях блокировок и снижения покрытия сети. При этом серверный рендеринг гипертекстовой разметки остается предпочтительным, а взаимодействие через программные интерфейсы приложения становится вынужденным методом при ухудшении сетевых характеристик [3].

Основу предлагаемого метода составляет специализированный программный модуль рендеринга, функционирующий на уровне сервера. Алгоритм работы модуля базируется на анализе сетевых задержек в режиме реального времени. В качестве первичных метрик используются время полного цикла передачи сетевого пакета между сервером и клиентом, задержка отклика серверных сервисов, вариация задержки между последовательными запросами и коэффициент потери пакетов в канале до сервера [1].

Алгоритм принимает решение о переключении режима работы на основе взвешенной оценки сетевых метрик. При превышении пороговых значений модуль инициирует переключение – вместо генерации полной гипертекстовой разметки документа передаётся программный интерфейс с внедрённым критическим состоянием. Дальнейшее взаимодействие с пользователем осуществляется в режиме клиентского рендеринга с локальной обработкой данных, а фоновые запросы к программным интерфейсам приложений выполняются с увеличенными таймаутами и механизмом повторных попыток. В случае полной деградации качества сетевого соединения предлагается использовать предварительно кэшированные статические документы гипертекстовой разметки, размещенные на устройствах клиентов.

Применение предлагаемого метода обеспечивает существенное повышение пропускной способности системы за счёт автоматического переключения на программные интерфейсы приложения при достижении пороговых значений ограничения сети. Передача данных в формате JSON вместо полной гипертекстовой разметки позволяет существенно сократить объем передаваемых данных в условиях ограничения сети. Наиболее важные преимущества метода проявляются в условиях снижения покрытия сети. Конфигурация с программными интерфейсами приложения обеспечивает приемлемое время ответа от сервера за счёт снижения объема передаваемых данных, однако время полной загрузки интерфейса существенно возрастает из-за множественных таймаутов при обращении к серверу.

К ограничениям метода следует отнести зависимость режима от наличия у клиента современного браузера с поддержкой скриптовых языков и предварительно загруженного клиентского кода для отрисовки интерфейса. Указанное ограничение может создавать трудности при эксплуатации систем на устаревших рабочих станциях диспетчерских пунктов [2].

В условиях блокировок сетевых ресурсов предлагаемый метод обеспечивает высокий процент успешных доставок данных клиенту. При этом конфигурации с использованием только программных интерфейсов приложения или только серверного рендеринга демонстрируют существенное снижение доступности.

Практическая значимость данного метода заключается в возможности применения технологии при разработке и модернизации веб-приложений систем критической инфраструктуры. Предложенный метод обеспечивает повышение отказоустойчивости веб-приложений за счет способности адаптироваться к изменяющимся сетевым условиям.

Список литературы:

1. Олифер В. И., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебно-методическое пособие // В. И. Олифер, Н. А. Олифер. – Санкт-Петербург: Питер, 2021. – 1006 с.

2. Алпатов А. Н., Волков М. Ю. Архитектура клиент-серверных приложений: учебное пособие // А. Н. Алпатов, М. Ю. Волков. – Москва: МИРЭА – Российский технологический университет, 2026. – 107 с.

3. Зегжда Д. П. Теоретические основы киберустойчивости и практика прогностической защиты от кибератак // Д. П. Зегжда. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – 336 с.