

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСКОНФЛИКТНЫХ РЕПЛИЦИРУЕМЫХ СТРУКТУР ДАННЫХ (CRDT) ДЛЯ РЕПЛИКАЦИИ БАЗ ДАННЫХ

Сашина А. Р.¹

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Платонов А. В.¹

¹Университет ИТМО

arsashina@itmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №623106 «Автономные интеллектуальные системы».

Введение

Для современных географически распределенных систем одной из ключевых проблем является сохранение согласованности данных [1]. Существуют несколько способов достижения согласованного состояния, например, репликация данных. Однако традиционные подходы часто полагаются на координацию между репликами, что увеличивает задержки в сети. Альтернативой являются бесконфликтные реплицируемые структуры данных (CRDT), позволяющие репликам системы асинхронно распространять изменения, гарантируя конечное единое состояние системы [2]. Таким образом, изучение применения CRDT для репликации баз данных представляет собой актуальную задачу, обусловленную растущими требованиями к масштабируемости и отказоустойчивости современных приложений [3].

Основная часть

Была проведена классификация типов данных CRDT, были выявлены их преимущества, недостатки и сферы применения. Было реализовано хранилище данных типа «ключ-значение» с отношением линейного порядка ключей на основе В-Дерева, где CRDT использовался в реализации децентрализованной репликации [4]. Для сравнения производительности хранилища была добавлена репликация на основе ведущего узла (master-replica). На первом этапе сравнивались результаты микробенчмаркинга методов В-Дерева между «традиционным» и CRDT подходами. Далее была произведена тестовая репликация данных с использованием нескольких узлов и вышеописанных методов репликации. В качестве метрик для анализа были выбраны:

- 1) Локальная задержка (время от отправки запроса до момента применения операции на локальной реплике);
- 2) Задержка распространения (время от отправки запроса до применения операции на всех остальных репликах).

На основе полученных метрик и результатов производительности был проведен архитектурный анализ реализованных механизмов репликации.

Выводы

Разработано распределенное В-Дерево с двумя механизмами репликации (master-replica и CRDT) и проведены эксперименты по измерению производительности каждого подхода с анализом архитектуры. По результатам исследования были выявлены преимущества и недостатки CRDT репликации. Разработанное хранилище может выступать основой для построения распределенных файловых систем и поисковых индексов.

Литература

1. Putrama I.M., Martinek P. Heterogeneous data integration: Challenges and opportunities // *Data in Brief*. 2024. Vol. 56, Art. 110853. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.110853>.
2. Pregica N., Baquero C., Shapiro M. Conflict-Free Replicated Data Types CRDTs // *Encyclopedia of Big Data Technologies*. 2019. P. 491–500. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1805.06358>.
3. Kleppmann M., Mulligan D.P., Gomes V.B.F., Beresford A.R. A Highly-Available Move Operation for Replicated Trees // *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*. 2022. Vol. 33, Issue 7. P. 1711–1724. <https://doi.org/10.1109/TPDS.2021.3118603>.
4. Martin S., Ahmed-Nacer M., Urso P. Abstract unordered and ordered trees CRDT // *INRIA*. 2012. Research Report 7825. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1201.1784>.