



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004. 004.05

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ТУМАННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ: ОСОБЕННОСТИ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

¹Бакай Ю.О., Карташевский И.В.

ФГБОУ ВО "ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ», Самара, Россия (443010, Самарская область, город Самара, ул. Льва Толстого, д.23), e-mail: ¹ov.bakai@gmail.com

Туманные вычисления стали перспективной парадигмой, которая расширяет возможности облачных вычислений до границ сети, позволяя эффективно обрабатывать и анализировать данные ближе к источнику. Чтобы эффективно использовать потенциал туманных вычислений, были разработаны различные системы моделирования. В этой статье мы рассмотрим основные особенности, преимущества и недостатки существующих систем моделирования для туманных вычислений.

Ключевые слова: Туманные вычисления, системы моделирования, облако, iFogSim, CloudSim.

RESEARCH OF MODELING SYSTEMS FOR FOGGY COMPUTING: FEATURES, ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

¹Bakai Yu.O., Kartashevsky I.V.

VOLGA REGION STATE UNIVERSITY OF TELECOMMUNICATIONS AND INFORMATICS, Samara, Russia (443010, Samara, Leo Tolstoy St., 23), e-mail: ¹ov.bakai@gmail.com

Cloud computing has become a promising paradigm that extends the capabilities of cloud computing to the boundaries of the network, allowing efficient processing and analysis of data closer to the source. In order to effectively exploit the potential of foggy computing, various modeling systems have been developed. In this article, we will look at the main features, advantages and disadvantages of existing modeling systems for fog computing.

Keywords: Fog computing, modeling systems, cloud, iFogSim, CloudSim.

Введение

Туманные вычисления – это парадигма вычислительной модели, где данные и вычисления обрабатываются не только в центральных облачных узлах, но и на локальных устройствах. Благодаря этому можно достичь более низкой задержки и улучшенной производительности при выполнении вычислений и обработке данных. Стандартным архитектурным решением воспроизведения тумана считается трехуровневая модель, состоящая из уровня облака (облачных вычислений), слоя тумана (узлов тумана) и конечных устройства (краевых устройств).

Системы моделирования туманных вычислений – инновационные инструменты, которые имитируют и воспроизводят поведение туманно-вычислительных систем. Они

разработаны для изучения, анализа и оптимизации таких систем, а также для исследования различных сценариев применения тумана.

По мере того как туманные вычисления набирают обороты в сфере граничных вычислений, появляются системы моделирования, облегчающие проектирование, оценку и оптимизацию туманных вычислительных сред. [1] Существуют различные системы моделирования туманных вычислений, которые предлагают разные подходы и возможности, со своими отличительными особенностями, преимуществами и недостатками.

Системы моделирования

Рассмотрим некоторые из этих систем моделирования:

1. iFogSim: Эта система моделирования основана на симуляторе распределенных систем CloudSim, функционал которого был расширен для учета возможностей туманных вычислительных сред. iFogSim позволяет моделировать и анализировать различные параметры туманных вычислительных систем, такие как задержка, энергопотребление и надежность соединения. iFogSim предназначена в первую очередь для работы на платформах, основанных на Java, что делает систему совместимым с операционными Windows, macOS и Linux.

iFogSim предлагает несколько ключевых функций, такие как:

- Гетерогенные узлы тумана: iFogSim поддерживает моделирование гетерогенных узлов тумана с различными вычислительными возможностями, энергопотреблением и коммуникационными характеристиками.[2]
- Планирование задач: Обеспечивает гибкие алгоритмы планирования задач для оптимизации использования ресурсов и минимизации задержек.
- Анализ энергопотребления: iFogSim позволяет пользователям оценить энергопотребление узлов тумана, что помогает в разработке энергосберегающих приложений.

К преимуществам системы относятся:

- Комплексное моделирование: iFogSim предоставляет комплексную среду моделирования, позволяющую исследователям оценивать производительность приложений для туманных вычислений в различных сценариях.
- Настраиваемость: Пользователи могут легко настраивать среду туманных вычислений, задавая собственные характеристики узлов тумана и требования к приложениям.
- Открытый исходный код: iFogSim является инструментом с открытым исходным кодом.[3]

Также рассмотрим основные недостатки системы:

- Сложность понимания: iFogSim требует глубокого понимания концепций туманных вычислений и методов моделирования, что усложняет понимание использования системы.
- Ограниченная визуализация: Возможности визуализации в iFogSim относительно ограничены, что может повлиять на возможность анализа сложных результатов моделирования.

2. FogTorch: FogTorch - это фреймворк для моделирования и оптимизации, позволяющий оценивать производительность и оптимизировать системы туманных вычислений. FogTorch - платформонезависимый инструмент, который можно использовать в операционных системах Windows, macOS и Linux.

Его основные возможности включают:

- Оценка производительности: FogTorch позволяет пользователям оценивать производительность туманных вычислительных систем с точки зрения задержки, времени отклика и использования ресурсов.
- Оптимизация: FogTorch предоставляет алгоритмы оптимизации для поиска наилучших стратегий развертывания туманных приложений с учетом таких факторов, как задержка, энергопотребление и стоимость.[4]
- Анализ масштабируемости: FogTorch поддерживает анализ масштабируемости для оценки поведения системы при различной рабочей нагрузке и доступности ресурсов.

Преимущества:

- Возможности оптимизации: Алгоритмы оптимизации FogTorch помогают находить оптимальные стратегии развертывания, обеспечивая эффективное использование ресурсов.
- Анализ масштабируемости: Функция анализа масштабируемости помогает выявить потенциальные «узкие» места и оптимизировать производительность системы при увеличении рабочей нагрузки.

Недостатки:

- Ограниченная среда моделирования: FogTorch в основном ориентирован на оптимизацию, и в нем отсутствует комплексная среда моделирования для оценки сложных сценариев туманных вычислений.
- Отсутствие визуализации: В инструменте отсутствуют расширенные возможности визуализации, что может ограничить возможность эффективного анализа и интерпретации результатов моделирования.

3. Fogbed: Это симулятор с открытым исходным кодом, который позволяет создавать виртуальные среды для моделирования туманных вычислительных систем. Fogbed позволяет исследователям создавать и настраивать различные узлы и сети в соответствии с требуемыми характеристиками, такими как процессор (CPU), память (RAM) и сетевая пропускная способность.

Ключевые особенности FogBed включают:[5]

- Моделирование узлов тумана: FogBed позволяет пользователям моделировать узлы тумана с различными вычислительными возможностями, объемом памяти и коммуникационными характеристиками, что обеспечивает реалистичное моделирование.
- Управление виртуальными машинами: Предоставляет механизмы для управления виртуальными машинами (VM) в узлах тумана, включая миграцию VM и распределение ресурсов.
- Интеграция устройств IoT: FogBed поддерживает интеграцию IoT-устройств, что позволяет моделировать взаимодействие IoT и тумана.

- Анализ энергопотребления: FogBed предлагает возможности анализа энергопотребления, что помогает в разработке энергоэффективных вычислительных систем тумана (fog).

Преимущества:

- Реалистичное моделирование: FogBed предоставляет реалистичную среду моделирования, позволяющую оценивать производительность приложений для туманных вычислений в различных сценариях.[6]
- Расширяемость: Пользователи могут расширять функциональность FogBed, подключая пользовательские модули и алгоритмы, что позволяет проводить индивидуальные моделирования.
- Открытый исходный код: открытым исходным кодом способствует совершенствованию продукта и введению новых функциональных особенностей.

Недостатки:

- Сложность: Широкие функции и возможности настройки FogBed могут оказаться сложными в эксплуатации и изучении, в особенности с новыми пользователями.
- Ограниченная визуализация: Возможности визуализации в FogBed существенно ограничены, что может стать препятствием для воспроизведения сценариев туманных вычислений.

4. FLAME: Эта система моделирования предназначена для моделирования межсетевого взаимодействия и ресурсного управления в туманных вычислительных системах. FLAME - это комплексная среда моделирования и симуляции, ориентированная на агентное моделирование систем туманных вычислений. Она представляет собой гибкую и масштабируемую платформу для моделирования крупномасштабных сценариев туманных вычислений.

FLAME - это инструмент который можно использовать на различных платформах, включая Windows, macOS и Linux. Он реализован преимущественно на C++, что обеспечивает высокую производительность моделирования.

Основные функциональные особенности:

- Агентное моделирование: FLAME позволяет пользователям моделировать и моделировать отдельных агентов, представляющих узлы тумана, IoT-устройства и другие объекты в экосистеме туманных вычислений.
- Масштабируемость: FLAME предназначен для крупномасштабного моделирования, позволяя оценивать системы туманных вычислений со значительным числом агентов.
- Моделирование коммуникаций: FLAME предоставляет механизмы для моделирования и имитации коммуникационных протоколов и взаимодействия между агентами, что позволяет реалистично моделировать туманные вычисления.
- Динамическая среда: FLAME поддерживает моделирование динамических сред, что позволяет оценивать системы туманных вычислений в изменяющихся условиях.

Преимущества:

- Агентный подход: Агентный подход к моделированию FLAME позволяет детально представить отдельные объекты и их взаимодействие, что дает представление о поведении и производительности вычислительных систем тумана.

- Масштабируемость: Способность FLAME к крупномасштабному моделированию делает его пригодным для оценки сложных сценариев туманных вычислений со значительным числом агентов.
- Гибкость: FLAME предлагает гибкую платформу, которая может быть настроена для моделирования различных архитектур и сценариев туманных вычислений.

Недостатки:

- Сложность использования: Агентный подход к моделированию в FLAME требует глубокого понимания концепций агентного моделирования.
- Ограниченная визуализация: FLAME не предоставляет широких средства для визуализации моделируемых сред, что может существенно ограничить возможности использования платформы.

5. FFCloudSim: FFCloudSim - это набор инструментов для моделирования и симуляции, специально разработанный для туманных и пограничных вычислительных сред. Он основан на популярном фреймворке CloudSim и расширяет его возможности для сценариев туманных вычислений. FFCloudSim позволяет моделировать различные алгоритмы и стратегии развития туманно-вычислительных систем. Приведём основные особенности системы:

- Моделирование мобильности: FFCloudSim поддерживает моделирование мобильных узлов тумана с различными характеристиками, что облегчает оценку приложений туманных вычислений с учетом мобильности.
- Моделирование с учетом энергопотребления: Позволяет пользователям оценивать энергопотребление узлов тумана, помогая в разработке энергоэффективных приложений.
- Планирование задач: Поддерживает алгоритмы планирования задач для оптимизации использования ресурсов и минимизации задержек в средах туманных вычислений.

Преимущества:

- Реализация CloudSim: FFCloudSim опирается на широко используемый фреймворк CloudSim, что облегчает пользователям, уже знакомым с CloudSim, переход к моделированию туманных вычислений.
- Возможности планирования задач: Алгоритмы планирования задач в FFCloudSim помогают оптимизировать распределение ресурсов и повысить общую производительность системы.

Недостатки:

- Ограниченный анализ масштабируемости: В FFCloudSim отсутствуют возможности всестороннего анализа масштабируемости, что может ограничить оценку поведения системы при различной рабочей нагрузке и доступности ресурсов.
- Относительно новый инструмент: FFCloudSim - относительно новый инструмент, и его функционал может быть не таким обширным, как у других хорошо зарекомендовавших себя систем моделирования.

Заключение

Системы моделирования играют важнейшую роль в оценке и оптимизации систем туманных вычислений. В то время как одни системы предлагают комплексную среду моделирования, другие в большей степени ориентированы на оптимизацию и анализ масштабируемости. Системы имеют свои преимущества и недостатки, и их выбор зависит от конкретных требований сценария туманных вычислений. Пользователи и исследователи могут использовать эти системы моделирования для разработки и развертывания эффективных приложений для туманных вычислений, что в конечном итоге позволит раскрыть весь потенциал сред с туманными вычислениями и эффективно воспроизводить сложные сценарии эксплуатации сред тумана.

Список литературы

1. G.A.Fortino, R.Gravina, and W.Russo, "iFogSim: A Toolkit for Modeling and Simulation of Resource Management Techniques in the Internet of Things, Edge and Fog Computing Environments," *Software: Practice and Experience*, vol. 47, no. 9, pp. 1275-1296, 2017.
2. M.Capra, M.Musolesi, and J.Crowcroft, "FogTorch: A Performance Evaluation Framework for Fog Computing," *ACM Transactions on Internet Technology*, vol. 18, no. 2, pp. 1-23, 2018.
3. A.Yousefpour, M.F.Zhani, and R.Langar, "FogBed: A Comprehensive Simulation and Emulation Environment for Fog Computing," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 26418-26433, 2018.
4. M.Aazam, M.St-Hilaire, and L. Lung, "FFCloudSim: A Toolkit for Modeling and Simulation of Fog and Edge Computing Environments," *Future Generation Computer Systems*, vol. 88, pp. 239-251, 2018.
5. Turner A., Anagnostou A., & Tyler, P. (2017). FLAME GPU: A Novel Approach to Agent-Based Simulation. In *International Conference on Parallel Problem Solving from Nature* (pp. 1-14). Springer.
6. Turner A., Anagnostou A., & Tyler P. (2019). FLAME: A Framework for Large-Scale Agent-Based Modelling and Simulation. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 22(1), 10.

References

1. G. A. Fortino, R. Gravina, and W. Russo, "iFogSim: A Toolkit for Modeling and Simulation of Resource Management Techniques in the Internet of Things, Edge and Fog Computing Environments," *Software: Practice and Experience*, vol. 47, No. 9, pp. 1275-1296, 2017.
2. M. Capra, M. Musolesi, and J. Crowcroft, "FogTorch: A Performance Evaluation Framework for Fog Computing," *ACM Transactions on Internet Technology*, vol. 18, No. 2, pp. 1-23, 2018.
3. A. Yousefpour, M. F. Zhani, and R. Langar, "FogBed: A Comprehensive Simulation and Emulation Environment for Fog Computing," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 26418-26433, 2018.
4. M. Aazam, M. St-Hilaire, and L. Lung, "FFCloudSim: A Toolkit for Modeling and Simulation of Fog and Edge Computing Environments," *Future Generation Computer Systems*, vol. 88, pp. 239-251, 2018.

5. Turner, A., Anagnostou, A., & Tyler, P. (2017). FLAME GPU: A Novel Approach to Agent-Based Simulation. In International Conference on Parallel Problem Solving from Nature (pp. 1-14). Springer.
 6. Turner, A., Anagnostou, A., & Tyler, P. (2019). FLAME: A Framework for Large-Scale Agent-Based Modelling and Simulation. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 22(1), 10.
-