

0.1. Ревун А.Л. Инструменты отказоустойчивого выполнения параллельных программ

Современные высокопроизводительные вычислительные системы, особенно распределённые, неизбежно сталкиваются с отказами аппаратных и программных компонентов. По мере масштабирования, вероятность отказа вычислительных узлов во время функционирования системы растёт [1].

Традиционные методы, такие, как периодическое создание контрольных точек (checkpointing), не всегда эффективны, в условиях частых отказов накладные расходы на сохранение и восстановление могут превышать “полезное” время вычислений. Зачастую, такие подходы требуют полной остановки приложения, что неприемлемо для критически важных задач. Особенно остро проблема стоит в MPI-приложениях, где отказ одного процесса может привести к отказу всей параллельной задачи несмотря на то, что остальные процессы функционируют нормально [2].

Выделим некоторые средства отказоустойчивого выполнения программ: DMTCР, обеспечивающий автоматическое создание контрольных точек и восстановления состояния процессов; SCR, использует преимущества иерархических систем хранения для создания контрольных точек; User Level Failure Mitigation (ULFM) предотвращение сбоев на уровне пользователя.

В отличие от первых User Level Failure Mitigation (ULFM) — это расширение стандарта MPI, интегрированное в Open MPI начиная с версии 5.0.x. ULFM позволяет обнаруживать отказы процессов и динамически реструктурировать коммунитаторы, продолжая выполнение на оставшихся исправных узлах [3].

На основе анализа современных средств отказоустойчивости, предложена архитектура инструмента для отказоустойчивого выполнения MPI-программ на базе Open MPI. Предложенная архитектура базируется на принципах: автоматическое обнаружение отказов, выбор стратегии реструктуризации коммунитаторов и перераспределение задач, скрывая сложность ULFM за высокоуровневым API. Это позволяет сохранить производительность без деградации, минимизировать вмешательство в исходный код и использовать стандартные компиляторы, что направлено на устойчивое выполнение программ, даже в условиях частых отказов — что актуально для современных масштабируемых высокопроизводительных вычислительных систем.

Научный руководитель — д.т.н. Павский К. В.

Список литературы

[1] Хорошевский В. Г. Архитектура вычислительных систем.: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 204 с.

[2] LOSADA N., BOSILCA G., BOUTELLER A., GONZALEZ P., MARTIN M. Local rollback for resilient MPI applications with application-level checkpointing and message logging // Future Generation Computer Systems. 2019. Т. 91. С. 450–464.

[3] Документация Open MPI версии 5.x. расширение ULFM. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.openmpi.org/en/v5.0.x/features/ulfm.html> (дата обращения 13.09.2025).