

УДК 004.056.52

Оценка возможности имитации работы накопителей SMR

Гостищев Станислав Сергеевич^{1,2}

gs-stas@mail.ru

¹ НИИ Судебной экспертизы ГОСТ ЭКСПЕРТ, Москва, Россия² МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Актуальными проблемами являются нахождение способов воспроизведения результатов и объективная оценка архитектурных особенностей SMR. В связи с этим возникла задача применения программных средств, способных имитировать работу накопителей и обеспечивать повторяемость экспериментов.

Ключевые слова: SMR, IMR, жесткие диски, восстановление информации, остаточные данные, имитация, моделирование

Введение. На физических жестких дисках невозможно детерминировано воспроизводить результаты «внутренних» операций, так как микропрограмма и транслятор второго уровня (T2) недоступны для непрерывного наблюдения, а анализу поддаются лишь остаточные данные. В ранее проведенных исследованиях автором было установлено, что SMR-диски даже после полного форматирования и многократной перезаписи сохраняли значительное количество остаточной информации, тогда как традиционные CMR-диски лишены этого недостатка [1]. Результаты экспериментов подтвердили наличие проблем при полном удалении данных и выявили трудности в воспроизводимости экспериментов.

Методы и материалы; результаты. Для продолжения исследования и проверки выявленных ранее недостатков были использованы программные модели, воспроизводящие поведение жестких дисков на уровне зон и треков [2–5]. Такие модели позволяют воспроизвести условия, в которых наблюдаются проблемы с остаточными данными, а также учесть стратегию размещения информации, особенности операций чтения, записи и перезаписи, и задержки, связанные с механизмом read-modify-write. В отличие от физических устройств, программная имитация дает возможность контролировать параметры эксперимента и многократно повторять его в идентичных условиях, что позволяет объективного сопоставлять результаты с физическими дисками.

Для проверки корректности разработанной модели было проведено сравнение поведения реального SMR-диска и его программной имитации. Сопоставление выполнялось на основе серии тестов, позволяющих связать ранее выявленные проблемы с воспроизведением их в программной среде. В обоих случаях проводилась запись уникальных паттернов данных с последующей перезаписью стандартными шаблонами (0x00, 0xFF). Такой подход позволил установить, в какой степени программная имитация отражает эффект сохранения остаточных данных. Дополнительно выполнялись нагрузочные испы-

тания с использованием инструментов тестирования ввода-вывода (fio) для анализа латентности операций при различной степени заполнения. Итоговое сопоставление профилей производительности дало возможность выявить схожие закономерности: рост задержек при увеличении нагрузки, появление деградации скорости записи вблизи предельного заполнения и характер работы read-modify-write операций.

Результаты показали, что программная имитация воспроизводит основные эффекты, выявленные в экспериментах с реальными SMR-накопителями. Однако часть специфических особенностей — связанных с внутренними зонами буферизации и проприетарными алгоритмами микропрограммы — осталась вне рамок моделирования. Таким образом, имитация отражает общие закономерности функционирования технологии, но не обеспечивает полного совпадения с результатами, получаемыми на физических дисках.

Заключение. Проведенное исследование подтвердило, что программная имитация может использоваться как вспомогательный инструмент для изучения работы SMR-накопителей. Она обеспечивает воспроизводимость экспериментов, позволяет контролировать условия тестирования и выявлять ключевые тенденции, характерные для данной технологии. Вместе с тем для получения полной картины результаты имитации необходимо сопоставлять с данными, полученными на реальных дисках. Использование программных моделей создает основу для последующих исследований, направленных на анализ производительности и разработку подходов к ее оптимизации.

Список источников

- [1] Гостищев С.С. Эффективность полного форматирования жестких дисков с технологией SMR и CMR: результаты сравнительного анализа. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024.
- [2] Liang J., Wang Q., Zhang Y. MAGIC: Towards realistic emulation of interlaced magnetic recording disks. Proceedings of the 20th USENIX Conference on File and Storage Technologies (FAST). Santa Clara, CA, USA, 2022.
- [3] Pitchumani K., Shafaei M., Sivathanu M. Emulating shingled magnetic recording disks. Proceedings of the 10th USENIX Conference on File and Storage Technologies (FAST). San Jose, CA, USA, 2012.
- [4] Tan T., Shafaei M., Sivathanu M. Simulation platform for studying shingled translation layers in SMR disks. IEEE Transactions on Magnetics, 2013, vol. 49, № 6, pp. 2812–2818.
- [5] Zeng Z., Chen F., He J., Chen W. IMRSim: A simulation framework for interlaced magnetic recording disks. Lecture Notes in Computer Science, 2021.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.14368>